



Installations- und Testrichtlinien

Universelle Verkabelung

2023-2024 Deutsch



Installations- und Testrichtlinien

Ein LAN für alle Fälle – Ihr Ziel: die strukturierte Verkabelung von Büros, Gebäuden, Wohnungen, Sozial- und Gesundheitseinrichtungen, Hotels, Sport- und Freizeitanlagen, Fabriken oder Schiffen.

Ihr Partner? R&M.

Mit den Lösungen für Local Area Networks (LAN) unterstützen wir Planer, Installateure und Anwender umfassend beim zukunftssicheren Design, effizienten Aufbau und zuverlässigen Betrieb von Datennetzen und Kommunikations-Infrastrukturen.

Das modulare Verkabelungssystem R&Mfreenet bietet für jedes Einsatzgebiet und jede Projektgröße eine qualitativ hochwertige Komplettlösung mit dem kleinen Extra in der Installations- und Anwendungsfreundlichkeit.

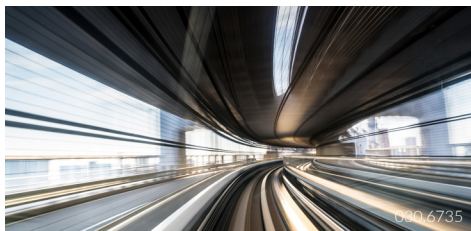
Das Sortiment ist anwendungsneutral und beherrscht die heutigen und künftigen Übertragungsverfahren. R&Mfreenet wurde als Best-in-class-Lösung entwickelt und übertrifft alle relevanten Normen.

Dank dem weltweit etablierten QPP-Partnerprogramm erhalten zertifizierte R&M-Partner bevorzugten Support. R&M kann zusammen mit seinen Partnern den Kunden langfristige System- und Anwendungsgarantien anbieten.



Data Center

Enorme Leistungsentfaltung durch High Density und parallel optische Verbindungstechnik.



Public Networks

Marktfähige Glasfaserlösungen für den Aufbau zukunftsorientierter Breitband-Infrastrukturen.



Komponenten

Zeit gespart mit vorkonfektionierten Einheiten. Verfügbarkeit optimiert mit R&M-Sicherheitssystem.

Unsere Mission – We provide connectivity that matters

Als unabhängiges Schweizer Familienunternehmen verfügt die Reichle & De-Massari AG (R&M), in Wetzikon (ZH), über mehr als 50 Jahre Erfahrung im Informations- und Kommunikationstechnologiemarkt. 1964 gegründet, ist R&M inzwischen einer der führenden Anbieter von passiven Verkabelungslösungen für hochwertige Kommunikationsnetze (Layer 1). Das Unternehmen leistet weltweit mit Kupfer- und Glasfasersystemen einen entscheidenden Beitrag zur Betriebssicherheit in der Sprach-, Daten- und Videoübertragung. Als Systemanbieterin hat sich R&M zum Ziel gesetzt, optimale Funktionalität zu entwickeln und vor allem höchste Qualitätskriterien zu erfüllen. Darüber hinaus bietet R&M maximalen Installations- und Wartungskomfort.

R&M-Lösungen überzeugen durch höchste Verfügbarkeit bei kostengünstigem Netzbetrieb. Mit der hohen Produktqualität und dem vorausschauenden Systemdesign sorgt R&M dafür, dass die Netzwerke zukunftsfähig und die Investitionen langfristig sicher sind. R&M-Verkabelungslösungen kommen in Bürogebäuden, Datenzentren, bei Netzbetreibern, in Wohnungen und in der Industrie zum Einsatz. R&M trägt dazu bei, dass Menschen und Organisationen uneingeschränkt kommunizieren können. Antrieb und Leidenschaft des Unternehmens ist, für

die Endkunden eine passive Verkabelungs-Infrastruktur zu schaffen, die eine maximale Zuverlässigkeit und Übertragungssicherheit garantiert.

R&M (Reichle & De-Massari AG) ist ein weltweit führender Hersteller von zukunftssicheren Produkten und Systemen für Kommunikations- und Datennetze. Die enge Zusammenarbeit des Unternehmens mit zertifizierten Partnern führt zu Pionierarbeit in den Bereichen LAN, Public und Telekommunikationsnetzen sowie Datenzentren. Das Schweizer Familienunternehmen steht für Innovation, Qualität und Kundenorientierung. Dank der Innovationskraft des Unternehmens deckt R&M nun den gesamten Konnektivitätsbereich ab. Für weitere Informationen: www.rdm.com

Innovationskraft

Die Innovationskraft des Unternehmens zeigt sich in der F&E-Quote. R&M investiert jährlich über 5 Prozent des Umsatzes in Forschung und Entwicklung. 23 Prozent des Umsatzes werden mit Produkten, die jünger als drei Jahre sind, erzielt. Das Unternehmen hält über 100 internationale Patente und wirkt in diversen internationalen Normengremien mit. Im Mittelpunkt der Entwicklungsarbeit stehen konkrete Markt- und Kundenbedürfnisse.



Es ist die Herstellung

Die besondere Erfahrung und Kompetenz liegt in der Herstellung von Verbindungs- und Verteiltechnik (Connectivity) für Kupfer- und Lichtwellenleiter-Verkabelungen (Fiberoptik). Auf Basis dieser Technologien bietet R&M Lösungen in den zwei Geschäftsfeldern Private Networks (Private Netze) und Public Networks (Öffentliche Netze) an.

Private Networks bieten strukturierte Verkabelungslösungen für Büros, Rechenzentren, Industriegebäude und Wohnungen. Im Fokus stehen hier höchste Übertragungsgeschwindigkeiten und maximale Netzverfügbarkeit in den unterschiedlichsten Einsatzgebieten. Das modulare System unterstützt Highspeed-Netzwerkprotokolle bis zu 10-Gigabit-Ethernet und mehr. Höchsten Ansprüchen genügen auch die Lösungen für den Einsatz in Industriegebäuden.

Der Kat. 6A als Spitzenmodell der FM45-Familie überzeugt durch ein kompaktes Gehäuse und hervorragende innere Werte. Erstmals übertrifft ein feldkonfektionierbarer RJ45-Stecker die Komponenten-Anforderungen der ISO/IEC 11801-1 für die Kategorie 6A. So eignet sich der FM45 Kat. 6A für den sicheren Betrieb von 10 Gigabit Ethernet und genauso für die Anwendung von Power over Ethernet Plus (PoE+). Selbstverständlich ist er rückwärtskompatibel zu Kat. 6 und Kat. 5e

Anschlüssen. Die Netscale-Lösungen von R&M sind die Glasfasermanagementlösungen mit der weltweit höchsten Portdichte. Es handelt sich um die ersten Lösungen, die über ein integriertes, intelligentes Infrastrukturmanagement verfügen. Das als Plattform mit ultrahoher Dichte entworfene System verwendet die dünnsten Uniboot-Rangierkabel für minimalen Raumbedarf der Verkabelung und ermöglicht eine bis zu 67% höhere Dichte als bisherige Lösungen. Es räumt mit einer Vielzahl von Kabelmanagement-Problemen auf, an denen heutige Rechenzentren leiden. Mit dem Netscale-Rangierkabel gehören diese Probleme der Vergangenheit an. Es verfügt über einen innovativen Push-Pull-Mechanismus mit texturierter Kappe, der einen einfachen Zugang und ein bequemes Entfernen des Steckverbinders ermöglicht. Auch eine Umkehrung der Polarität ohne Werkzeug ist möglich.

1,4 mm gewinnt

Besonders interessant ist der branchenführende Kabeldurchmesser von 1,4 mm bei Glasfaserpatchkabel. Er gestattet im Vergleich zu herkömmlichen Rangierkabel mit einem Durchmesser von 2 mm oder mehr bei Rack- und Panel-Konfigurationen hoher Dichte eine unübertroffen praktische Handhabung. Selbstverständlich können die Kabel mit dem RFID-Tag R&MinteliPhy ausgestattet werden.

« Das R&M-Team kennt die Herausforderungen des Kunden und hat grosse Erfahrung in der schnellen Entwicklung von innovativen und projektspezifischen Produkten. »

Mr. NR Patil, Assistant Vice President – Projects at Sterlite Power



&M

Table of Contents

Installations- und Testrichtlinien	3
Einleitung	6
Table of Contents	8
1. Warum R&Mfreenet	12
1.1 Garantie	16
1.1.1 Produkt Zertifizierung	16
1.1.2 QPP Programm	17
2. Qualitätssicherung Projektablauf	18
3. Vor der Installation	22
3.1 General	24
3.1.1 Normen für die Gebäudeverkabelung	24
3.1.2 MICE (Mechanical, Ingress, Climatic, Electromagnetic)	27
3.1.3 CPR Brandschutzklassen (nur Europa)	28
3.1.4 Erdungs-Konzepte	32
3.1.5 Infrastruktur Programm	36
3.2 Kupfer	37
3.2.1 Kupfer Normen	37
3.2.2 Kabeleigenschaften	40
3.2.3 Kopplermodul Kat. 6 _A , Kabelkoppler Kat.6 _A und Anschluss-Kit RJ45	41
3.2.4 EMV-Vergleich zwischen STP- und UTP	45
3.2.5 Die Wichtigkeit der Symmetrie (TCL)	46
3.2.6 Abstände zwischen Kupfer-Datenkabeln und Stromversorgungskabeln	47
3.2.7 Kategorie 8	51
3.2.8 Single Pair Ethernet (SPE)	55
3.2.9 Remote Powering – PoE, PoE+ und 4PPoE	57
3.2.10 Längenbeschränkungen Netzwerk Installationskabel	67
3.2.11 Ausserhalb der Längenvorgaben	75
3.2.12 Messen der Klasse E _A gemäss ISO/IEC TR11801-9905	83
3.3 Lichtwellenleiter-Verkabelung	85
3.3.1 LWL Normen	85
3.3.2 Channel Beschränkungen für LWL Installationen	99
3.3.3 Passives Optisches LAN Netzwerk (POLAN)	101
3.3.4 Beibehaltung der Polarität	105

4. Installation	112
4.1 Allgemeines	114
4.1.1 Sicherheit	114
4.1.2 Kennzeichnung & Verwaltung	114
4.1.3 Lagerung & Transport des Installationskabels	115
4.1.4 Umfeldbedingungen	116
4.2 Kupferkabel	118
4.2.1 Verlegen der Kabel	118
4.2.2 Kupferkabel bearbeiten	122
4.2.3 Beschaltung der Anschlussmodule	123
4.2.4 Rangierkabel	124
4.2.5 Potenzielle Fehlerquellen in der UKV	124
4.3 Lichtwellenleiter	126
4.3.1 Sicherheit	126
4.3.2 Verlegen der Kabel	131
4.3.3 LWL Kabel bearbeiten	135
4.3.4 Anschliessen von LWL Kabeln	136
4.3.5 Rangierkabel	138
4.4 Installations Checkliste	139
5. Nach der Installation	140
5.1 Allgemeines	142
5.1.1 Messgenauigkeit	142
5.2 Kupfer Verkabelungen	144
5.2.1 R&M anerkannte Zertifizierungsmessgeräte für die Klassen D/E/E _A / Klasse I	144
5.2.2 Geeignete Testgrenzwerte für die Klassen D/E/E _A /Klasse I	145
5.2.3 Beschreibung der Prüfstrecken	147
5.2.4 Messauswertungsanalyse	149
5.3 Lichtwellenleiter Verkabelungen	151
5.3.1 Anerkannte Zertifizierungsmessgeräte für LWL	151
5.3.2 Konfiguration von Übertragungsstrecken	153
5.3.3 Reinigen von Glasfasern	156
5.3.4 LWL Prüfbedingungen	159
5.3.5 LSPM-Prüfung/Dämpfungsmessung	162
5.3.6 OTDR-Prüfung	168
5.3.7 Dokumentation der Glasfasermessungen	177

Table of Contents

	6. Glossar	180
	7. Abkürzungen	188
	8. Abbildungsschlüssel	192
	9. Tabellenverzeichnis	196
	10. Abbildungsverzeichnis	200
	11. Notizen	206



Über die Installations- und Testrichtlinien

Die vorliegenden Richtlinien sind integraler Bestandteil unseres R&Mfreenet-Garantieprogramms. Sie sollen der erhöhten Komplexität der Abnahmeprüfungen Rechnung tragen und Feldmessungen in R&Mfreenet-Systemen vereinfachen. Darüber hinaus sollen sie Installateuren, Projektleitern und Planern helfen, normgerechte, besonders zuverlässige und äusserst leistungsfähige passive Netzwerke einzurichten.

Das vorliegende Dokument wurde mit grösstmöglicher Sorgfalt erstellt. Es enthält den zum Zeitpunkt der Drucklegung aktuellen technischen Stand. Änderungen bzw. Korrekturen an diesem Dokument werden jeweils in der neuen Ausgabe berücksichtigt. Technische Änderungen und Irrtümer bleiben jederzeit vorbehalten.

Bei den aufgeführten Änderungen handelt es sich teilweise um massive Änderungen gegenüber der vorigen Ausgabe und wir empfehlen dem Leser, sich alle geänderten Kapitel durchzulesen um bei einer Garantieinstallation die richtige Vorgangsweise zu wählen.

Bitte vergewissern Sie sich regelmässig auf www.rdm.com dass Sie die neueste Version besitzen.

1. Warum R&Mfreenet





1. Warum R&Mfreenet

Leistungsfähige und zuverlässige Kommunikationsverkabelungen sind entscheidende Erfolgsfaktoren für unsere Kunden.

Endlos und absolut logisch

Für Planer und Installateure ist das Verkabelungssystem R&Mfreenet ein Universum mit endlosen Möglichkeiten und absolut logischer Struktur. Mit seinen jeweils vier Systemen für Kupfer und Glasfaser deckt es sämtliche Verkabelungsbedürfnisse unserer Kunden ab – sei es in Büro- oder Wohngebäuden, in Industrieanlagen oder Unternehmensstandorten, in Kliniken oder Hochleistungsrechenzentren. Aus diesen Systemen kann je nach der gewünschten Leistungsfähigkeit der IT- und Telekommunikationsinfrastruktur und je nach Umgebungsbedingungen und Sicherheitsbedürfnis die passende Lösung zusammengestellt werden. Das modulare Prinzip und der

normgerechte anwendungsneutrale Aufbau garantieren, dass jede Installation flexibel genutzt und später erweitert werden kann. Die Produktreihen sind durchgehend untereinander kompatibel und entsprechen den aktuellen und massgeblichen internationalen Normen ISO/IEC 11801-x, EN 50173-x und EIA/TIA 568.x.

Sie erwarten, dass sich Investitionen in die Infrastruktur positiv auf Ihr Ergebnis auswirken, sei es durch höhere Produktivität, reduzierte Ausfallkosten oder geringere Wartungskosten. Deshalb unternehmen wir alles, um unsere Kunden erfolgreich zu machen.



Qualität

Nur ein zielstrebiges Qualitätsmanagement garantiert die stetige Verbesserung der Produkte, Services und Prozesse. R&M Partner profitieren so weltweit vom gleichbleibend hohen Schweizer Qualitätsstandard. Die konsequente Qualitätsphilosophie zeigt sich in anerkannten Zertifizierungen wie EN ISO 9001:2008. Tragende Säulen der Qualität sind die Kompetenz unserer Mitarbeiter und das Know-how unserer Lieferanten.



Kontinuität und Kundenorientierung

Als unabhängiges Familienunternehmen verfolgt R&M eine Unternehmensstrategie, die auf Nachhaltigkeit beruht und alle Stakeholder einbezieht. Das Unternehmen ist zu 100% im Besitz der Familie Reichle. Seit der Gründung 1964 konzentriert sich R&M auf passive Verkabelungslösungen - das zuverlässige Fundament aller Kommunikationsnetze. Martin und Peter Reichle vertreten die Inhaberfamilie in zweiter Generation als aktive Verwaltungsräte in sämtlichen diesbezüglichen Gremien. Unsere Entscheidungen sind nicht kurzfristigen Gewinnüberlegungen unterworfen, sondern wir setzen auf eine langfristige Unternehmensentwicklung. So wissen unsere Kunden immer, woran sie sind. Mit kurzen Entscheidungswegen und kollegialer, teamorientierter Arbeitsweise werden Selbstverantwortung und Eigeninitiative gefördert. Die Mitarbeitenden zeichnen sich durch Verantwortungsbewusstsein und Kundenorientierung aus.



060.2051

Umwelt

Durch behutsamen Umgang mit den natürlichen Ressourcen reduzieren wir die Auswirkungen unserer Unternehmensaktivitäten auf die Umwelt. Wir setzen uns Ziele und verbessern kontinuierlich unsere Umweltleistung. R&M hält die geltenden Umweltgesetze konsequent ein. Das Unternehmen ist ISO 14001:2004 zertifiziert.



050.6514

Innovation

Forschung & Entwicklung haben bei R&M einen hohen Stellenwert. Seit 50 Jahren bündeln wir technologische Kompetenz auf dem Gebiet der Hochfrequenztechnik und Fiberoptik. Viele internationale Normen gestalten wir aktiv mit und erkennen Trends sehr früh. Die Nähe zu unseren Partnern erlaubt uns die Entwicklung von bedürfnisgerechten und innovativen Produkten. So profitieren unsere Kunden von weitsichtigen Lösungen, die auch zukünftige Herausforderungen souverän meistern und ihre Investitionen schützen.



090.7808

Sicherheit

Unsere Produkte und Services zielen auf eine hohe Stabilität und Verfügbarkeit der Netze ab. Das erreichen wir durch eine einzigartige Produktqualität. Sie garantiert Langlebigkeit und hohe Performance. Zusätzlich unterstützen wir Planer, Installateure und Endkunden vor Ort beim Lösungsdesign, beraten bei der Auswahl der Systeme und begleiten Projekte bis zur Inbetriebnahme.



030.7105

Flexibilität

Besondere Aufgabenstellungen brauchen besondere Lösungen. In solchen Fällen entwickeln wir zusammen mit unseren Kunden individuelle Produkte und Servicepakete. Eine ausgeprägte Kundennähe zählt zu den Grundwerten von R&M und wird von allen Marktorganisationen nachhaltig gelebt. Wir sind nah genug beim Kunden und dynamisch genug um schnell und flexibel auf Kundenwünsche reagieren zu können.

1. Warum R&Mfreenet

1.1 Garantie

R&M bietet ein umfassendes Garantieprogramm im Bereich der strukturierten Verkabelung nach EN 50173-x, ISO/IEC 11801-x bis 6 und TIA-568.x. Wir entwickeln und produzieren Netzwerkkomponenten und Verkabelungssysteme höchster Qualität. Unser Ziel ist es, dem Kunden eine Lösung mit hoher und nachhaltiger Performance bereit zu stellen.

Das Garantieprogramm umfasst in Verbindung mit dem Qualified Partner Program (QPP) alle wesentlichen Elemente, die für diesen anspruchsvollen Weg notwendig sind: Planung, Produktauswahl, Installation, Abnahmemessung, Betrieb des Netzwerks. So entsteht eine homogene Lösung mit einem definierten Qualitätslevel.

Lebenslange R&Mfreenet Applikationsgarantie

Das dritte Garantie-Level setzt voraus, dass die Installation mit Passivkomponenten aus dem R&Mfreenet Verkabelungssystem von einem zertifizierten Planer geplant wurde. Sie enthält die Zusage, dass auf dem System auf Lebenszeit alle Protokolle und Applikationen laufen, die von Industriestandards unterstützt werden.

R&M hat diverse Produkte und Systeme von mehreren unabhängigen Testlaboren kontrollieren lassen. Unsere Zertifizierungen sind auf www.rdm.com zu finden.

5 Jahre R&Mfreenet Produktgarantie

Das erste Garantie-Level besagt, dass R&Mfreenet Passivkomponenten während dieser Zeit fehlerfrei funktionieren und die Anforderungen jeder relevanten Verkabelungsnorm übertreffen. Diese erweiterte Produktgarantie kann jeder Qualifizierte Partner seinen Kunden bieten, der R&Mfreenet Passivkomponenten einsetzt.

25 Jahre R&Mfreenet Systemgarantie

Das zweite Garantie-Level deckt das gesamte R&Mfreenet Verkabelungssystem ab und schützt Kunden vor der Fehlfunktion von Komponenten und vor Installationsproblemen. Die Garantieleistung wird gewährt, wenn die Installation ausschliesslich aus R&Mfreenet Passivkomponenten besteht und durch einen zertifizierten Installations-Partner (oder eine durch das QPP höher ausgebildete Instanz) ausgeführt wurde.

1.1.1 Produkt Zertifizierung

Die strukturierte IT-Verkabelung ist das «Rückgrat» jeder Netzwerkinfrastruktur. Störungen und Ausfälle haben rasch Kostenfolgen. Eine hohe Netzwerkverfügbarkeit ist daher von grundlegender Bedeutung.

Im Rahmen von «KonTraG», «Basel II» oder «Solvency II» wird die Verantwortlichkeit der Netzbetreiber auch gesetzlich in zunehmendem Masse eingefordert. Vermehrt vertrauen Kunden auf unabhängige Produktbewertungen durch hoch qualifizierte und unabhängige Labore.

1.1.2 QPP Programm

Kompetenz mittels QPP dem Qualified Partner Program für Installateure, Planer und Anwender von R&Mfreenet

Mit dem Qualified Partner Program unterstützt und fördert R&M Fachleute in Netzwerktechnologie und Gebäudeverkabelung. Vertiefen Sie Ihr Expertenwissen, steigern Sie die Qualität Ihrer Projekte und sichern Sie sich den höchsten Grad an Kundenzufriedenheit. Als QPP Partner sind Sie Teil der R&M Familie. Die qualifizierten und zertifizierten Partner in unserem globalen Netzwerk:

- beraten unsere Kunden vor Ort fachmännisch und professionell
- liefern immer die ideale Verkabelungslösung, in Übereinstimmung mit ISO/IEC 11801, EN 50173 oder TIA/EIA 568
- verfügen über ein bestechendes und einzigartiges Garantieprogramm, das eine 5 Jahre Produktgarantie, eine 25 Jahre Systemgarantie und eine lebenslange Applikationsgarantie umfasst
- erhalten einen R&M-Ausweis sowie ein Zertifikat und die uneingeschränkte Erlaubnis, R&Mfreenet installieren zu dürfen

Mit dem QPP gewährleistet R&M multinationalen Kunden weltweit identische, höchste Qualitätsstandards.

QPP Qualified Partner Program

R&Mfreenet

LAN Designer
DC Designer



Lifetime
Warranty

LAN Installation Manager

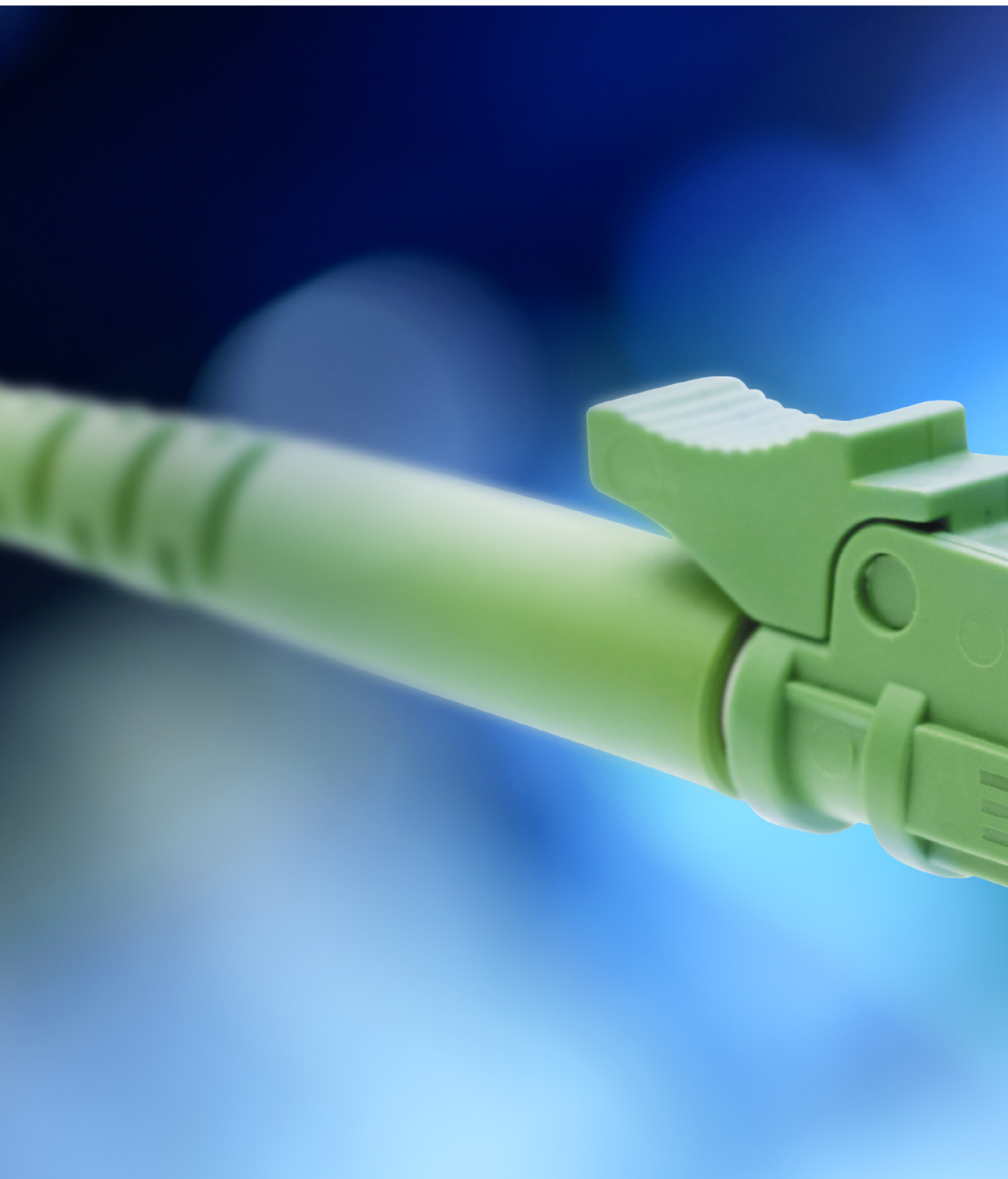


25 Years
Warranty

Copper Installer
Fiber Optics Installer
Sales & Support Specialist



5 Years
Warranty





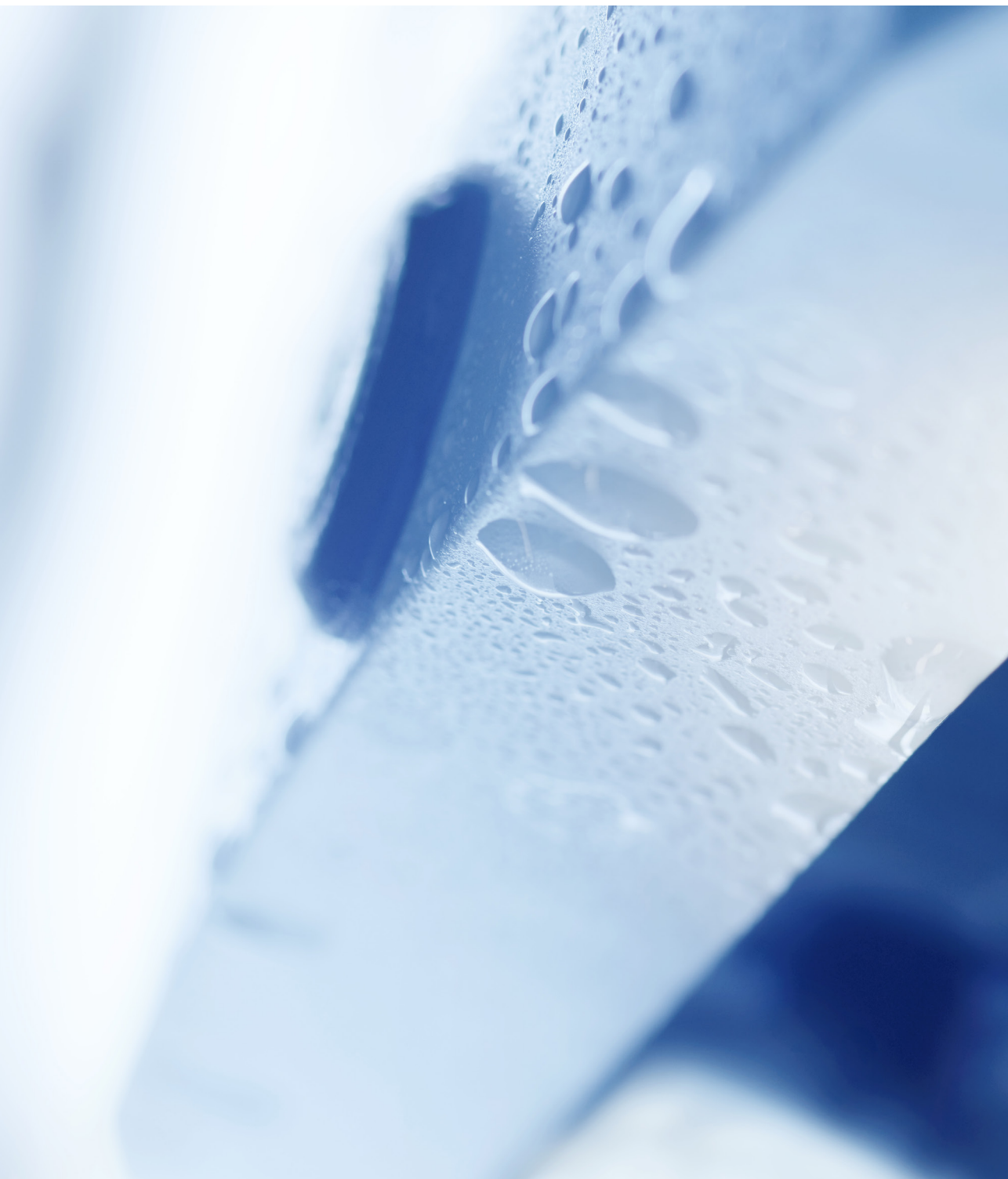
2. Qualitätssicherung Projektablauf

Arbeitsschritt	Schwerpunkte	Verantwortlichkeit
Planung	<ul style="list-style-type: none"> Die UKV muss sorgfältig nach den zurzeit gültigen Normen geplant werden Es müssen zugelassene/ausgewählte/geeignete Komponenten eingesetzt werden Die Gebäudeinfrastruktur muss so ausgelegt sein, dass die UKV gemäss den gültigen Normen realisiert werden kann Der Planer ist angehalten, dies durch Erstellen einer Verkabelungsspezifikation in Absprache mit dem verantwortlichen Architekten, Endbenutzer und/oder Installateur zu gewährleisten Es ist sicherzustellen, dass alle benötigten Werkzeuge verfügbar sind Die geeigneten Prüfprozeduren und Einrichtungen müssen festgelegt sein Es muss sichergestellt sein, dass alle Sicherheitsvorkehrungen definiert sind und das Personal entsprechend geschult ist 	Planer Architekt Endkunde
Komponentenherstellung	<ul style="list-style-type: none"> Eingesetztes Material muss den vom Planer definierten Normen entsprechen Eingesetzte Komponenten müssen internationalen und lokalen Vorschriften entsprechen 	Komponentenhersteller
Installation	<ul style="list-style-type: none"> Die richtigen Komponenten sind gemäss Bedienungsanleitung zu lagern, anzuliefern und zu installieren Die Komponenten müssen einer Abnahmeprüfung unterzogen werden Die Installationskabel müssen mindestens der Kategorie der Anschlusskomponenten entsprechen Die Installation muss normgerecht sein Der Kabelkanal muss den Kabeln ausreichend Schutz gegen externe Beschädigungen bieten Die Gebäudestruktur muss vor der Installation geprüft werden. Z.B. ausreichend grosse Kabeltrassen, Trennung zwischen Datenkabeln und Stromversorgungskabeln, Steigzonen genügend gross bemessen usw. Die Beschriftungen müssen überprüft werden. Die Bezeichnungen müssen dauerhaft an den betreffenden Komponenten angebracht sein Die ordnungsgemässe Installation der Verkabelung ist regelmässig zu prüfen (Radien eingehalten, keine Knicke in den Kabeln, regelmässige Messungen usw.) Kritische Stellen beim Einziehen der Installationskabel müssen erkannt und beseitigt werden oder es sind geeignete Lösungen vorzusehen Es ist dem Projektumfang entsprechend angemessenes Personal bereitzustellen (hinsichtlich Fähigkeiten und Anzahl) Alle notwendigen Werkzeuge müssen zur Verfügung stehen 	Installateur

Project Quality Assurance, part 1

Arbeitsschritt	Schwerpunkte	Verantwortlichkeit
Abnahme	<ul style="list-style-type: none"> • Während der Installation und vor dem zeitplanmässigen Abschluss des Projektes (Absprache mit Endkunden) müssen regelmässige Tests durchgeführt werden • Es sind Tests gemäss den Vorgaben des Systemlieferanten und des Messgeräteherstellers sowie dem Planungsverlauf durchzuführen • Die Messgeräte müssen ihrem Zweck entsprechen und einwandfrei funktionieren • Messgeräte für Kupfer- und Glasfaserinstallationen, müssen entsprechend ihrer Herstellerspezifikationen kalibriert werden (in der Regel einmal jährlich) • Testköpfe bei modularen Messgeräten müssen auch entsprechend ihrer Herstellerspezifikationen kalibriert werden (in der Regel einmal jährlich) 	Installateur Messfirma
Betrieb	<ul style="list-style-type: none"> • Es muss sichergestellt sein, dass das System entsprechend seiner Kapazität effizient genutzt wird • Die eingesetzte Verkabelung muss spezifikationsgemäss genutzt werden • Der Wartungsplan muss Reparaturmassnahmen abdecken 	Gebäudebetreiber

Project Quality Assurance, part 2





3. Vor der Installation

3.1 Allgemeines

3.1.1 Normen für die Gebäudeverkabelung

Die folgende Liste enthält die derzeit geltenden Verkabelungsnormen und ihren jeweiligen Status. Bei Unsicherheiten oder möglicherweise widersprüchlichen Angaben verwendet R&M die aktuelle ISO/IEC 11801-1 als Referenznorm. Die aktuell gültige Ausgabe ist im «Anhang 1 zum Garantieprogramm» zu finden auf www.rdm.com

ISO Normen	Beschreibung	Status
ISO/IEC 11801-1: 2017	Informationstechnik – Anwendungsneutrale Kommunikationskabelanlagen Teil 1: Generelle Anforderungen	ratifiziert
ISO/IEC 11801-2: 2017	Informationstechnik – Anwendungsneutrale Kommunikationskabelanlagen Teil 2: Office Umgebung	ratifiziert
ISO/IEC 11801-3: 2017	Informationstechnik – Anwendungsneutrale Kommunikationskabelanlagen Teil 3: Industrie Umgebung	ratifiziert
ISO/IEC 11801-4: 2017	Informationstechnik – Anwendungsneutrale Kommunikationskabelanlagen Teil 4: Wohnhäuser	ratifiziert
ISO/IEC 11801-5: 2017	Informationstechnik – Anwendungsneutrale Kommunikationskabelanlagen Teil 5: Rechenzentren	ratifiziert
ISO/IEC 11801-6: 2017	Informationstechnik – Anwendungsneutrale Kommunikationskabelanlagen Teil 6: Gebäudetechnik	ratifiziert
ISO/IEC 14763-2: 2012	Informationstechnik – Errichtung und Betrieb von Standortverkabelung Teil 2: Planung und Installation	ratifiziert
ISO/IEC 14763-3:2014/A1:2018	Informationstechnik – Errichtung und Betrieb von Standortverkabelung Teil 3: Messung von Lichtwellenleiterverkabelung	ratifiziert
ISO/IEC 30129: 2015/A1:2019	Anwendung von Massnahmen für Erdung und Potenzialausgleich in Gebäuden mit Einrichtungen der Informationstechnik	ratifiziert

ISO Standard

TIA Normen	Beschreibung	Status
TIA-607-D: 2019	Anwendungsneutrale Kommunikationskabelanlagen für Gebäudekomplexe Anhang 2, Allgemeine Aktualisierungen	ratifiziert
TIA-568.0-D: 2015/A1:2017	Anwendungsneutrale Kommunikationskabelanlagen für Gebäudekomplexe Allgemeine Aktualisierungen	ratifiziert
TIA-568.1-D: 2016	Kommunikationskabelanlagen für Bürogebäude Allgemeine Aktualisierungen	ratifiziert
TIA-568.2-D: 2018/A1:2019	Twisted-Pair Kommunikationskabelanlagen und Komponenten Standard	ratifiziert
TIA-568.3-D: 2016/A1:2019	Glasfaser Kommunikationskabelanlagen und Komponenten Standard	ratifiziert
TIA-942-B: 2017	Telekommunikationsinfrastruktur für Rechenzentren Verkabelungsrichtlinien für Rechenzentrumsstrukturen	ratifiziert

TIA Standard

TIA Standard

3. Vor der Installation

EN Normen	Beschreibung	Status
EN 50173-1: 2018	Informationstechnik – Anwendungsneutrale Kommunikationskabelanlagen Teil 1: Allgemeine Anforderungen	ratifiziert
EN 50173-2: 2018	Informationstechnik – Anwendungsneutrale Kommunikationskabelanlagen Teil 2: Bürogebäude	ratifiziert
EN 50173-3: 2018	Informationstechnik – Anwendungsneutrale Kommunikationskabelanlagen Teil 3: Industriell genutzte Gebäude	ratifiziert
EN 50173-4: 2018	Informationstechnik – Anwendungsneutrale Kommunikationskabelanlagen Teil 4: Wohnungen	ratifiziert
EN 50173-5: 2018	Informationstechnik – Anwendungsneutrale Kommunikationskabelanlagen Teil 5: Rechenzentren	ratifiziert
EN 50173-6: 2018	Informationstechnik – Anwendungsneutrale Kommunikationskabelanlagen Teil 6: Verteilte Gebäudedienste	ratifiziert
EN 50174-1: 2018	Informationstechnik – Installation von Kommunikationsverkabelungen Teil 1: Installationsspezifikation und Qualitätssicherung	ratifiziert
EN 50600-1: 2019	Informationstechnik – Einrichtungen und Infrastrukturen von Rechenzentren, Teil 1: Allgemeine Konzepte	ratifiziert
EN 50600-2-1: 2014	Informationstechnik – Einrichtungen und Infrastrukturen von Rechenzentren, Teil 2-1: Gebäudekonstruktion	ratifiziert
EN 50600-2-2: 2019	Informationstechnik – Einrichtungen und Infrastrukturen von Rechenzentren, Teil 2-2: Stromversorgung	ratifiziert
EN 50600-2-3: 2019	Informationstechnik – Einrichtungen und Infrastrukturen von Rechenzentren, Teil 2-3: Regelung der Umgebungsbedingungen	ratifiziert
EN 50600-2-4: 2015	Informationstechnik – Einrichtungen und Infrastrukturen von Rechen- zentren, Teil 2-4: Infrastruktur der Telekommunikationsverkabelung	ratifiziert
EN 50600-2-5: 2016	Informationstechnik – Einrichtungen und Infrastrukturen von Rechenzentren, Teil 2-5: Sicherungssysteme	ratifiziert
EN 50600-3-1: 2016	Informationstechnik – Einrichtungen und Infrastrukturen von Rechen- zentren, Teil 2-6: Informationen für das Management und den Betrieb	ratifiziert
EN 50174-2: 2018	Informationstechnik – Installation von Kommunikationsverkabelungen Teil 2: Installationsplanung und Installationspraktiken in Gebäuden	ratifiziert
EN 50174-3: 2013/A1:2018	Informationstechnik – Installation von Kommunikationsverkabelungen Teil 3: Installationsplanung und Installationspraktiken im Freien	ratifiziert
EN 50310: 2016	Anwendung von Massnahmen für Erdung und Potenzialausgleich in Gebäuden mit Einrichtungen der Informationstechnik	ratifiziert

EN Standard

3.1.2 MICE (Mechanical, Ingress, Climatic, Electromagnetic)

Damit Unternehmen trotz dieser differenzierten Anforderungen dennoch standardisiert und ökonomisch planen und verkabeln können, haben die ISO/IEC-Normierungsgremien das MICE Konzept erarbeitet. Kernstück dieses Konzepts ist die so genannte MICE-Matrix, die Planern eine leicht überschaubare Methode zur Beschreibung von Umwelt- und Umgebungsbedingungen für Verkabelung an die Hand gibt.

Die Matrix wird nach dem letzten Stand der Beratungen Bestandteil der kommenden Norm für strukturierte Verkabelung in Industrieanlagen (ISO/IEC 24702 Information Technology – Generic Cabling – Industrial Premises). Ebenso wird sie Eingang finden in die aktualisierte europäische Normenreihe EN 50173, die den Industriebereich in der EN 50173-3 behandeln wird.

Das Konzept der Matrix sieht vor, Umwelt- und Umgebungssituationen in drei Belastungsklassen einzuteilen und anhand von vier Parametern zu betrachten. Klasse 1 entspricht der Belastung in Büroumgebungen und Verteilerräumen, Klasse 2 ist für die Leichtindustrie typisch, Klasse 3 entspricht der Schwerindustrie, dem Maschinenumfeld und Outdoor-Bedingungen. Der einprägsame Name MICE ergibt sich aus den einzelnen Parametern:

M = Mechanical rating
(mechanische Belastung, Schock, Vibration, Druck, Schlag)

I = Ingress rating
(Eindringen von Fremdkörpern, Staub, Feuchtigkeit, Eintauchen)

C = Climatic rating
(klimatische Belastung, Strahlung, Flüssigkeit, Gase, Verschmutzung)

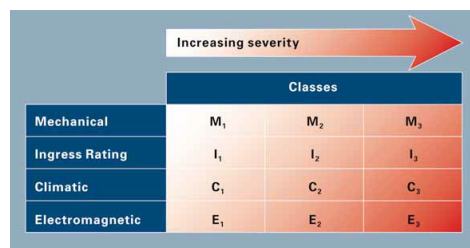
E = Electromagnetic rating
(elektrostatische, elektromagnetische und ähnliche Belastungen)

Den primären Parametern sind wiederum Kriterien und Normen aus mehreren relevanten Fachgebieten zugeordnet sowie jeweils ein Spektrum physikalischer und chemischer Größen. Insgesamt berücksichtigt MICE mehr als hundert Einzelfaktoren bzw. sekundäre Parameter.

MICE – Kein Universalwerkzeug

Damit geht das MICE-Konzept von einer sehr weit gefassten Betrachtung aus. Bisher unterschied man in der Diskussion über Industrial Ethernet lediglich die beiden Klassen Light Duty und Heavy Duty Environments. Auch hier wurden vier Parameter angenommen: Schutzklassen nach IEC bzw. EN 60529, Betriebstemperatur, Schock und Vibration (IEC bzw. EN 60068-2-x).

Aber auch das MICE-Konzept ist nicht allumfassend. Es berücksichtigt nur typische Gebäude- und Industrieumgebungen. Spezielle Sicherheitsfragen (z.B. Schutz vor Manipulation und Angriff, Sicherheit für Menschen und Tiere), Brandgefahr und Explosionsrisiken werden durch die MICE-Klassen nicht abgedeckt. Auch elektrische, nukleare und chemische Risiken und Gefahren können nicht in der ganzen Breite behandelt werden, die in der industriellen Fertigung vorkommt. MICE ist also kein Universalwerkzeug für die Planung nach ISO/IEC 24702 bzw. IEC 61918. In jedem Fall müssen auch nationale Gesetze und Normen und branchenspezifische Sicherheitsvorschriften berücksichtigt werden, insbesondere bei Umgebungen, in denen Starkstrom im Einsatz ist.



Increasing severity →			
	Classes		
Mechanical	M ₁	M ₂	M ₃
Ingress Rating	I ₁	I ₂	I ₃
Climatic	C ₁	C ₂	C ₃
Electromagnetic	E ₁	E ₂	E ₃

MICE Klassifikation

3. Vor der Installation

Die R&M-Garantie gilt für Installationen in allen MICE-Klassifikationen, solange das installierte Kabel für die entsprechenden MICE-Klassifikationen geeignet ist. Die Konnektivität befindet sich in einem MICE oder in Umgebungen für abgeschirmte Installationen und eine MICE-Umgebung für nicht abgeschirmte Installationen.

3.1.3 CPR Brandschutzklassen (Nur Europa)

Was ist CPR (Construction Product Regulation)

Jeder, der ein Kupfer oder LWL Kabel in Europa auf den Markt bringen will, muss das Produkt gemäss dieser europaweit einheitlichen Regeln der CPR prüfen, klassifizieren und kennzeichnen. Die CE-Kennzeichnung nach der Bauprodukteverordnung wird für alle Kabel und Leitungen verpflichtend, welche fest mit dem Gebäude verbunden sind. CPR definiert die Brandklassen von Kupfer- und LWL Kabel durch Referenzierung zur homologierten Norm EN50575. Spätestens seit dem 1. Juli 2017 muss die spezielle CE-Kennzeichnung umgesetzt und alle nationalen Standards angepasst sein. Davon abweichende Standards dürfen ab dann nicht mehr angewendet werden.

Anforderungen der CPR an die Hersteller

Ein Hersteller, der Kabel und Leitungen unter dem neuen Standard produziert, ist verpflichtet, eine autorisierte Stelle für die Prüfung und für die Fertigungsinspektion zu nutzen. Die CPR relevanten Eigenschaften müssen in einer Leistungserklärung «Declaration of Performance» (DoP) ausgewiesen sein. Alle Produkte die unter die CPR fallen, tragen ein vorgeschriebenes CE-Kennzeichen mit der CPR Brandklasse auf der Verpackung.

Brandverhalten gemäss CPR

Das Brandverhalten von Kabeln wird wie folgt klassifiziert:

Hauptkriterium:	Flammausbreitung und Wärmeabgabe (EN 60332-1, EN50399)
Zusatzkriterien:	Rauchentwicklung (EN 50399, EN 61034-2), Korrosivität (EN 50267-2-3) und brennende Tropfen (EN 50399)

In der EN 13501-6 wird definiert in welcher Kombination die obigen Prüfkriterien vorkommen können. Die harmonisierte Norm EN 50575 definiert schlussendlich wie die CPR bei der Verkabelung umgesetzt wird und spezifiziert die neuen Brandschutzklassen

Es gibt sieben neue Euroklassen: Aca, B1ca, B2ca, Cca, Dca, Eca und Fca.

Davon sind vier für die Datenverkabelung relevant. B2ca, Cca, Dca, Eca.



030.5909

Euroklassen (ca)	Einstufungskriterium	Zusätzliche Kriterien	Beurteilung und Überprüfung der Konstanz vom Leistungssystem
A	EN ISO 1716 Brutto Verbrennungswärme		1+ Nachweisdokumente:
B1	EN 50399 Wärmefreisetzung Flammenausbreitung	Rauchproduktion (s1a, s1b, s2, s3) EN 50399 / EN 61034-2 Säure (a1, a2, a3) EN 50267-2-3	<ul style="list-style-type: none"> • Typmusterprüfung • Regelmässige Werksauditierung • Regelmässige Musterentnahme aus laufender Produktion
B2			
C			
D			
E	EN 60332-1-2 Flammenausbreitung		3 Nachweisdokumente:
F			4 Keine Nachweisdokumente

CPR Classes & criteria



Empfehlungen für die künftige Verwendung der EU-Brandschutzklassen

Ein Hersteller, der Kabel und Leitungen unter dem neuen Standard produziert, ist verpflichtet, eine autorisierte Stelle für die Prüfung und für die Fertigungsinspektion zu nutzen. Die CPR relevanten Eigenschaften müssen in einer Leistungserklärung «Declaration of Performance» (DoP) ausgewiesen sein. Alle Produkte die unter die CPR fallen, tragen ein vorgeschriebenes CE-Kennzeichen mit der CPR Brandklasse auf der Verpackung.

3. Vor der Installation

Euroklassen	Zusätzliche Klassen			Brandschutzstufe der Installationskabel (Einsatzempfehlungen von R&M)*
Flammenausbreitung Wärmeentwicklung	Rauchent- wicklung/ -dichte	Säureent- wicklung/ Korrosivität	Brennende Tropfen	
A _{ca}				NA
B1 _{ca}				NA
B2 _{ca}	s1	a1	d1	Sehr hoch (z.B. Fluchtwege, Tunnel, Hoch- risiko-Industrien)
C _{ca}	s1	a1	d1	Hoch (z.B. Spitäler, Pflegeheime, Schulen)
D _{ca}	s2	a2	d1	Mittel (z.B. Öffentliche Gebäude, Ho- tels, Flughäfen, Industrieumfeld)
E _{ca}				Normal (z.B. Normales Bürogebäude, Heimbereich)
F _{ca}				Gering (Nicht empfohlen)

* The necessary fire protection classification for installation cables is prescribed by the relevant fire prevention authority.

CPR Additional classes and fire protection levels



Sicherheitssystem

Das dreistufige R&M Sicherheitssystem bietet eindeutige Codierungen sowie Ein- und Aussteckschutz für kritische Datenkanäle.

Schnellmontage

Schnelle und sichere Montage: DIN Schienen Module DRM45 für RJ45, SC-RJ oder E-2000™ Compact werden einfach eingeschnappt.



Platz sparen

Höherer Automationsgrad, steigender Informationsbedarf: Komponenten von R&M wie der feldmontierbare FM45. Vereinfachen den Anschluss von Automaten mit höchster Netzwerkverfügbarkeit.



Gebäudeanschluss

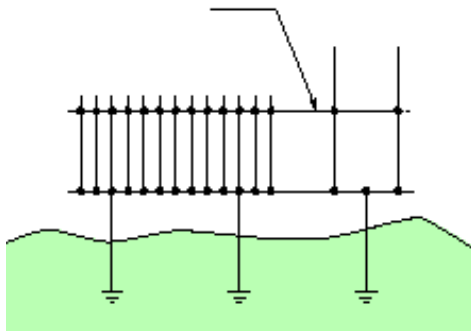
Venus Boxen mit Schutzklasse IP43 oder IP54. Schützen Gebäudeanschlussknoten auf engstem Raum.

3. Vor der Installation

3.1.4 Erdungs-Konzepte

Das Erdungskonzept bildet die Grundlage eines umfassenden EMV- und Sicherheitskonzepts und sollte bei der Wahl des Verkabelungssystems (geschirmt/ungeschirmt) unbedingt mit einbezogen werden. Das zu verkabelnde Gebäude muss genauestens auf den bestehenden Potenzialausgleich hin untersucht werden. Die lokalen Vorschriften bezüglich der Erdung müssen eingehalten werden. Die folgenden Abbildungen zeigen verschiedene für Erdungssysteme mögliche Strukturen.

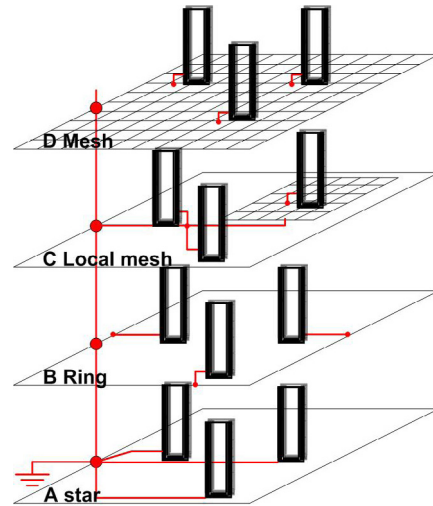
Traditionell wurde im Telekommunikationssektor eine Baum- oder Sternstruktur bevorzugt. Bei diesem System werden die unterschiedlichen Erdungsstränge an einem zentralen Erdungspunkt zusammengeführt. Auf diese Weise lassen sich Erdschleifen weitgehend verhindern und niederfrequente Störungen (Brummen) werden verringert.



Premises earthing

In neuerer Zeit und bei hochfrequenter Datenübertragung wird allerdings fast immer die Maschenerdung verwendet. Bei dieser Form der Erdung muss das Gebäude als Ganzes an möglichst vielen Stellen gute Erdungspunkte aufweisen (Abbildung «Gebäudeerdung»). Wichtig bei dieser Ausführung ist, dass alle metallischen Objekte in den Gebäuden mit entsprechend tauglichen Verbindungselementen in die Erdführung einbezogen werden.

Diese Verbindungselemente müssen zur Ableitung hochfrequenter Ströme eine möglichst grosse leitfähige Oberfläche aufweisen (z.B. Massebänder, Metallschienen, Verbindungsschienen usw.).

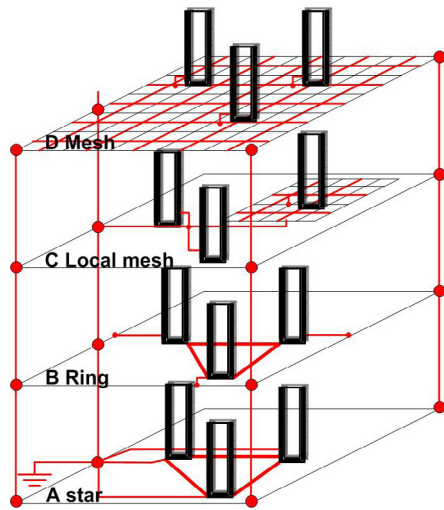


EN 50310 Minimum

Eine Verbesserung durch das Einrichten von Zellen

In Gebäuden, in denen keine kontinuierliche Maschenstruktur für die Erdung aufgebaut werden kann, lässt sich die Situation durch das Einrichten von Zellen verbessern. Solche lokalen Maschenerdungen können aus Metallkabelkanälen, Doppelböden oder parallel geführten Kupferleitungen nachgebildet werden.

Wo Doppelböden ohne Trägerschienen für die Bodenelemente verwendet werden, sollten die Elementträger maschenförmig miteinander verbunden werden, um eine optimale Wirkung zu erreichen.



EN50310 Recommended

Werden unterschiedliche Metalle miteinander verbunden, muss einer möglichen Zerstörung der Kontaktpartner durch elektrochemische Korrosion Rechnung getragen werden. Es gilt dabei, Kontaktpartner zu wählen, deren elektrochemische Potenziale möglichst ähnlich sind, oder die Kontaktstelle mit geeigneten Massnahmen vor Umwelteinflüssen (d.h. Feuchtigkeit) zu schützen.

Optimale Ergebnisse erzielen

Bei einer geschirmten UKV muss der Schirm im Etagenverteiler an die Erdung angeschlossen werden. Gibt es in der betreffenden Etage eine gute Maschenerdung, kann auch die Anschlussdose geerdet werden. Dies schützt zusätzlich gegen externe Störquellen. Bei Systemen ab 10GBase-T wird in stark störanfälligen Industrieumgebungen die Erdung der Anschlussdose in jedem Fall empfohlen. Das vorliegende Installationshandbuch empfiehlt, die Anforderungen gemäss EN 50174-2 und EN 50310 einzuhalten.

Aus Sicht der Installation ist darauf zu achten, dass die physikalische Trennung der Hoch- und Niederspannungskabel aufrechterhalten wird. Dieses Thema ist im Detail in [Kapitel 3.2.5](#) abgedeckt.

Wo Doppelböden isoliert montiert werden, sollten die Halterungen der Trägerschienen in einem Potenzialnetzwerk miteinander verbunden werden um optimale Ergebnisse zu erzielen. Es ist nicht notwendig jeden Träger miteinander zu verbinden. Der Erdungsgitterrahmen muss mit einer grösstmöglichen Gitterabmessung von 2 m in jeder horizontalen Richtung aufgebaut sein. Der Querschnitt der Leiter, die den Erdungsgitterrahmen bilden, muss mindestens 10mm^2 betragen.

Falls der Doppelboden einen elektrostatischen Schutz aufweist, muss der Gleichstromwiderstand zwischen dem Doppelboden und dem Erdungsgitterrahmen zwischen 1 und $10\text{M}\Omega$ sein. Die bisherigen genannten Bedingungen sind aufzuzeichnen und regelmässig wieder zu messen, wenn der Doppelboden gewartet wird; in der Regel alle 5 Jahre.

Alle Schränke müssen über eine Erdungsschiene oder einen Potenzialausgleich, mit allen leitenden Teilen verbunden werden (einschliesslich Patch-Panels). Für geschirmte Verkabelungssysteme muss der Schirm im Verteiler mit der Erdungsanlage verbunden werden. Mit den entsprechenden R&Mfreenet Rangierfeldern kann dies sichergestellt werden. Wenn eine gute Maschenerde verfügbar ist, kann das Modul in der Anschlussdose auch geerdet werden, um zusätzlichen Schutz vor externen Störungen zu bieten. Für 10GBase-T und von Installationen in Industrieumgebungen wird die Erdung Dosenseitig empfohlen.

3. Vor der Installation

Verteilungsnetz im Aussenbereich	Verbraucheran- lage im Gebäude	EMV	Anmerkungen
TN-S	TN-S	sehr gut	Bestes System einer Stromverteilungs- anlage bezüglich EMV
TN-C	TN-S	gut	
TN-C-S	TN-S	gut	
TN-C	TN-C	schlecht	Nicht empfohlen (Zirkulation in ungewünschten Stromkreisen erzeugen hohe magnetische Felder)
TN-C	TN-C-S	schlecht	
TN-C	TN-C im Keller bis zur Haupterdungs- klemme & TN-S zwischen den und in den Stock- werken	gut	empfohlen
TT	TT	ausreichend	Risiko von Ausgleichspotenzial innerhalb des Gebäudes. Kein EMV-Schutz zwischen den Gebäuden, zur Verbes- serung der EMV Eigenschaften ist ein Entlastungs-Potenzialausgleichsleiter erforderlich.
TT	TN-S mit Trenn- transformator (EN 61558-1)	gut	Guter EMV-Schutz zwischen Gebäuden
IT	IT	ausreichend	Das System wird ungeerdet verbreitet, in FRA in einigen elektrische Anlagen über eine Impedanz geerdet und mit 230/400V sowie in NOR über Span- nungsbegrenzer geerdet ohne Neutral- leiter und mit 230V von Aussenleiter zu Aussenleiter. EMV Anmerkungen wie für TT/TT.
IT	TN-S mit Trenn- transformator (EN 61558-1)	gut	Guter EMV-Schutz zwischen Gebäuden

EMC power distribution

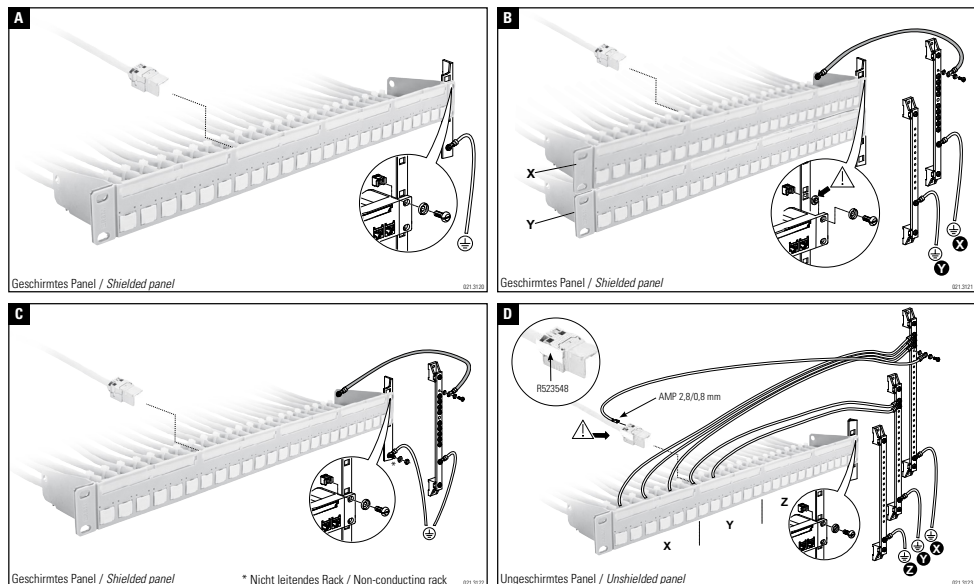
Darüber hinaus sollte bei einer vorhandenen Gleichstromverteilung ein gemeinsam gültiges EMV Netzwerk koordiniert werden. Wenn ein sekundäres Gleichstromverteilungssystem verwendet wird, muss eine DC-I-Installation, wo die L+ und L- nahe beieinander verlegt sind, verwendet werden. Jeder Gleichstromrückleiter des IT-Systems darf nur einmal mit dem L+ verbunden werden. Der L+ muss mit der Potenzialausgleichsanlage, CBN und MESH-BN angeschlossen werden. Der maximale Spannungsabfall im Gleichstromrückleiter darf 1V nicht überschreiten.

Für Wechselstromverteilungsanlagen gibt Tabelle «EMV Stromverteilung» Auskunft um die optimalen EMV-Anforderungen zu wählen. Die europäischen Normen empfehlen das TN-S-System, da diese am wenigsten EMV-Probleme für IT-Geräte und Telekommunikation geben. Des Weiteren ist es empfehlenswert, getrennte Transformatoren für Hochleistungsschaltungen wie CRAC, Aufzüge, USV, Motoren etc. zu installieren. Die Transformatoren für die IT-Systeme sollten für EMV-Zwecke als TN-S konfiguriert werden.

Die ausgehenden elektrischen Verteilungsschaltkreise sollten alle über den Hauptniederspannungsschaltkreis geführt werden. Gebäude und Gebäudekomplexe, welche eine sehr gute EMV Qualität benötigen, z. Bsp. Spitäler, Telekomzentralen, Militärstützpunkte, usw. sollten eine TN-S Konfiguration wählen, um eine betriebliche Sicherheit zu gewährleisten. Vor allem bei Verbindungen zwischen Gebäuden, wo interaktive Dienste genutzt werden. In Bezug auf Personensicherheit sind bei TT Systemen Netzwerkisolatoren (SafeLine) zu installieren und ist ein Entlastungs-Potenzialausgleichsleiter erforderlich.

Da TN-S und TN-C hohe Fehlerströme (vorübergehende Störsignale) von ca. 1 kA verursachen können, müssen Geräte mit hohen Leckströmen zusätzlich überwacht werden. Dieses Vorgehen gilt auch für TT Systeme, aber hier gelten kleinere Fehlerströme (einige Amp). In TT und IT Systemen besteht das Risiko auf Überspannungen, was bei IT Systemen zu Problemen mit Gleichaktfiltern führt. Diese Richtlinien folgen den Anforderungen der EN 50174-2 und EN 50310.

Erdungskonzept für 24-Port-PC-Panel Grounding concept for 24-Port-PC-Panel Principe de mise à la terre pour panneau 24-Ports-PC



Bonding Concept R&M Panels

3. Vor der Installation

3.1.5 Infrastruktur Programm

Dieses Programm besteht aus einer Anzahl von Arbeitsabschnitten, die der Installateur eindeutig verstehen sollte.

- Raum bereit Phase 1: Alle nicht IT-relevanten Arbeiten sollten erledigt sein. Alle Bauarbeiten, alle Wasser- und Klimaleitungen, Doppelböden, Innenausstattungen sollten abgeschlossen sein. Der Raum muss «staubfrei» sein und ab dieser Phase ist der Raum verschlossen. Weitere Arbeiten in diesem Raum brauchen eine Bewilligung. Zusätzlich müssen die Räume durch eine Schmutzschleuse versehen werden. Ab jetzt müssen diese Räume, inklusiv unter den Doppelböden, wöchentlich gereinigt werden (Verantw. Bauleiter).
- Raum bereit Phase 2: Alle Sanitären Anlagen müssen in Betrieb sein, elektrische Verkabelungen, letzte Reparaturarbeiten, IT Verkabelungen und Kerndienstleitungen sind erledigt. Die ganzen Räume sind «klinisch sauber» und von Luftverunreinigung abgesichert.
- Raum bereit Phase 3: Alle Stromversorgungen laufen über USV und Stromgeneratoren (ab dieser Phase wird viel programmiert und unerwarteter Stromunterbruch kann Schaden verursachen). Stromunterbrüche können zu kritischen Verspätungen führen und müssen Minimum 72 Stunden vorher schriftlich gemeldet werden. Die definitiven Türen sollten installiert sein, aber müssen noch nicht mit dem Sicherheitsnetzwerk verbunden sein.
- Dauerstrombetrieb: Gültig für alle Verteiler. Alle Gebäudesysteme unterliegen nun dem Change- Management (ITIL).
- IT Infrastruktur ist vollumfänglich betriebsbereit: Endabnahme bestanden und bereit zur Übergabe an den Endkunden.

Diese Projektabschnitte und Definitionen sind entscheidende Elemente des Installationsverlaufes.

3.2 Kupfer

3.2.1 Kupfer Normen

Bezeichnungskonventionen: ISO/EN/TIA

Unterschiede zwischen Klasse und Kategorie in den derzeit gültigen Normen

ISO / EN		TIA	
System	Komponente	Komponente	System
Klasse D	Kategorie 5	Kategorie 5e	Kategorie 5e
Klasse E	Kategorie 6	Kategorie 6	Kategorie 6
Klasse E _A	Kategorie 6 _A	Kategorie 6A	Kategorie 6A
Klasse F	Kategorie 7	nicht vorhanden	nicht vorhanden
Klasse F _A	Kategorie 7 _A	nicht vorhanden	nicht vorhanden
Klasse I	Kategorie 8.1	Kategorie 8	Kategorie 8
Klasse II	Kategorie 8.2	nicht vorhanden	nicht vorhanden

Standard differences

Obwohl die Leistungsspezifikation aller R&M-Komponenten der Kategorie 5e der ISO/IEC-Spezifikation der Kategorie 5 entspricht, verwendet R&M generell die Bezeichnung «Kategorie 5e» oder «Cat 5e», da dies allgemeiner verstanden und akzeptiert wird.

Komponenten Normen

Steckernormen im PL und Channel

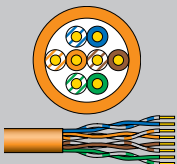
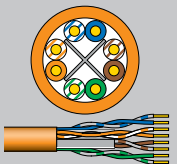
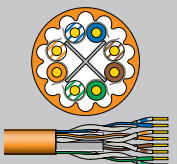
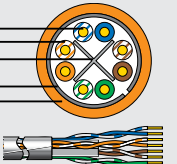
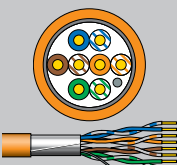
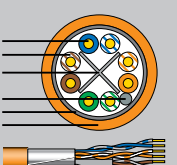
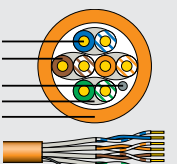
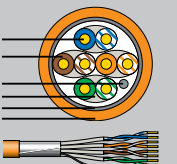
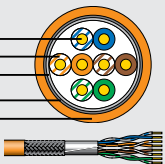
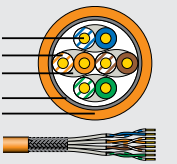
R&Mfreenet System	Permanent Link (PL)	Channel (CH)
Kat. 5e	Klasse D	Klasse D
Kat. 6	Klasse E	Klasse E
Kat. 6 real 10 (geschirmt)	Klasse E	Klasse E _A
Kat. 6 _A EL	Klasse E _A	Klasse E _A
Erwartete NEXT Reserve min. 2dB		
Kat. 6 _A ISO	Klasse E _A	Klasse E _A
Erwartete NEXT Reserve min. 4dB		
Kat. 8.1	Klasse I	Klasse I

R&Mfreenet Steckernormen im PL und Channel

3. Vor der Installation

Kupferkabel Aufbau und Eigenschaften

Die Kabelbenennung umfasst 2 Hinweise zum Aufbau der Kabel. Der erste Buchstabe beschreibt die äussere Schirmung und der zweite Buchstabe die Schirmung der individuellen Paare.

R&Mfreenet Lösung	Kat. 5e Kat. 6	Kat. 6	Kat. 6 _A
U/UTP			
U/UTP WARP		<ol style="list-style-type: none"> 1. Kupferleiter 2. Isolation 3. Spacer 4. Folie unterbrochen 5. Aussenmantel 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 2. 3. 4. 5. 
F/UTP		<ol style="list-style-type: none"> 1. Kupferleiter 2. Isolation 3. Spacer 4. Beilaufdraht 5. Folie 6. Aussenmantel 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 2. 3. 4. 5. 6. 
U/FTP		<ol style="list-style-type: none"> 1. Kupferleiter 2. Isolation 3. Beilaufdraht 4. Folie 5. Aussenmantel 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 2. 3. 4. 5. 
F/FTP		<ol style="list-style-type: none"> 1. Kupferleiter 2. Isolation 3. Beilaufdraht 4. Folie 5. Folie 5. Aussenmantel 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 2. 3. 4. 5. 6. 
SF/UTP S/FTP	<ol style="list-style-type: none"> 1. 2. 3. 4. 5. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Kupferleiter 2. Isolation 3. Folie 4. Schirmgeflecht 5. Aussenmantel 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 2. 3. 4. 5. 

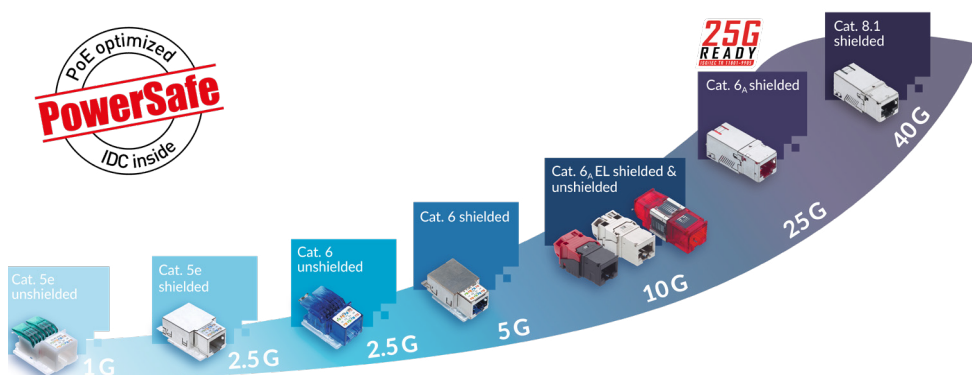
TP cable structure

Ein vollständiges Repertoire an RJ45-Modulen

RJ45-Konnektivität von R&M

Die RJ45-Konnektivität ist die Kernkomponente des strukturierten Twisted-Pair Verkabelungssystems und ist verantwortlich für seine Zuverlässigkeit. Dank seiner fortschrittlichen, installationsfreundlichen Anschluss- und Verteilungstechnik, ist die R&Mfreenet Connectivity die optimale Plattform für alle Übertragungsklassen und Anwendungen von heute und morgen. Abhängig von der Kategorie des Steckers werden Übertragungsraten von bis zu 40 GBit/s werden unterstützt. Alle R&M RJ45-Module werden vollautomatisch auf R&M-eigenen Bestückungsautomaten hergestellt. Sie sind zu 100 % funktionsgeprüft und von höchster Qualität. Das komplette Sortiment an geschirmten und ungeschirmten Verkabelungslösungen sind als Teil von R&Mfreenet erhältlich – sie bieten optimale Verkabelungskomponenten für zuverlässige, leistungsstarke Netzwerke.

Selbstverständlich sind alle R&Mfreenet RJ45-Module für die 4PPoE-Übertragung und PowerSafe optimiert.



Normen, Channels und Übertragungsstrecken

	1 G	2.5 G	5 G	10 G	25 G	40 G
Kat. 5e / u	90m	*				
Kat. 5e / s	90m	90m				
Kat. 6 / u	90m	90m	*			
Kat. 6 / s	90m	90m	90m			
Kat. 6 _A EL / u	90m	90m	90m	90m		
Kat. 6 _A EL / s	90m	90m	90m	90m		
Kat. 6 _A / u	90m	90m	90m	90m		
Kat. 6 _A / s	90m	90m	90m	90m	24 m**	
Kat. 8.1	96m	96m	96m	96m	50 m***	24m

* 90m kann je nach Eigenschaften und Bedingungen der Installationskabel möglich sein

** kompatibel mit TR11801-9905

*** kompatibel mit TR11801-9909

3. Vor der Installation

3.2.2 Kabeleigenschaften

Allgemeine Anforderungen

Der Biegeradius wird in den Datenblättern von R&M in mm oder als Vielfaches des Aussendurchmessers des Kabels angegeben (siehe folgender Auszug aus dem Datenblatt eines Datenkabels). Es wird dabei zwischen einem minimal zulässigen Radius beim Verlegen des Installationskabels und einem minimal zulässigen Radius in verlegtem Zustand (ohne mechanische Belastung) unterschieden.

Beispiel Eigenschaften Kupferkabel			
Radien		Temperaturbereich [°C]	
minimaler Biegeradius, Installation	8 x D	Betrieb	-20 to +75
minimaler Biegeradius, installiert	4 x D	Installation	0 to +50
Zugfestigkeit Kupferkabel [N]		Materialien	
maximale Zugfestigkeit Installation		PVC	IEC 60332-1
ungeschirmt	100	LSZH	IEC 61034, IEC 60754-1, IEC 60332-1-2
geschirmt	100 – 160	LSFRZH	IEC 61034-1, IEC 60754-2, IEC60332-3-2
maximale Zugfestigkeit, installiert	kein Zug		
Beispiel Datenblatt – Kupferkabel		Brandlast [MJ/km]	
		CPR	
		PVC	276
		LSZH	639
		LSFRZH	550
			Cca

3.2.3 Kopplermodul Kat. 6_A, Kabelkoppler Kat.6_A und Anschluss-Kit RJ45

Die Vielfalt der Anwendungen und der Wandel der Zeit bedarf zusätzliche Ansätze, um die Anbindung von aktiven und passiven Netzwerkgeräten auf engstem Raum zu ermöglichen. Zum Beispiel Anbindung von Überwachungskameras, WLAN-Accesspoints, Sammelpunkte und Cross Connections oder für bestimmte Büro Anwendungen wie die Desk Box.

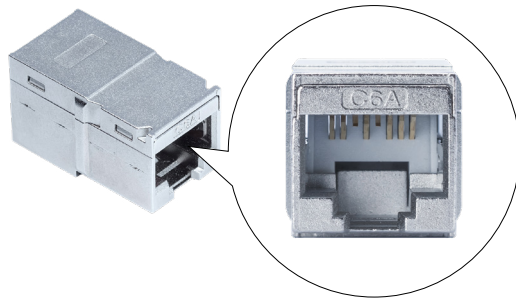
Kopplermodul Kat. 6_A

Das Kopplermodul ist entwickelt worden um flexibel in vielen verschiedenen Anwendungen eingesetzt werden zu können.

Es ermöglicht die Verbindung der Dienste auf der Rückseite der Rangierfelder mit normalen Patchkabeln.

Der angeschlossene Dienst wird dann mittels des Kopplermoduls von der Vorderseite des Rangierfeldes zugänglich. Das Kopplermodul eignet sich darum speziell für Netzwerkkomponenten, welche ihre Ausgangsschnittstellen auf der Rückseite haben. Dadurch erübrigen sich Durchgangsfehler, Abstände zwischen den Rangierfeldern und spezielle Verbindungskabel mit einem Stecker auf der einen und einer Buchse auf der anderen Seite. Im industriellen Markt werden Koppermodule für Punkt zu Punkt Verbindungen vom Network Interface zur Automation, zum Apparat oder im Zwischenverteiler benutzt.

Gemessen wird das Kopplermodul je nach Anwendung im PL3 wenn nur ein Kopplermodul auf der Strecke verwendet wird oder im Channel wenn zwei Kopplermodule verwendet werden.



3. Vor der Installation

Kabelkoppler

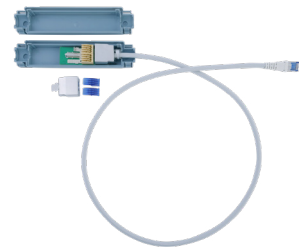
Der Kabelkoppler des R&Mfreenet Verkabelungssystems ermöglicht die Verlängerung von Kabel oder die Verlegung von Anschlussdosen mit einem Minimum an Aufwand und Kosten. Weitere Anwendungen sind gemeinsame Benutzung von Kabel oder der Ersatz eines beschädigten Kabelstücks. Die bekannte und bewährte IDC - Technologie sichert schnellen und reibungslosen Anschluss des Kabels ohne spezielles Werkzeug. Der Kabelkoppler eignet sich für Übertragungsfrequenzen bis 500MHz. Geschützt wird der Kabelkoppler mit der RCB Anschlussbox.

Der Kabelkoppler hat keinen Einfluss auf die Link Performance und wird ganz normal als Permanent Link gemessen.



Anschluss-Kit RJ45

Nicht immer lässt sich die Anbindung mit unserem feldkonfektionierbaren, FM45 Stecker realisieren. Probleme treten des Öfteren auf, wo die Endgeräte nur wenig Platz für den Anschluss aufweisen. Die Dimensionierung des Eingangsbereiches dieser Geräte lässt ab und zu die Verwendung eines FM45 nicht zu. Lösungsansatz: R&M löst dieses Problem mittels Patchkabel, das bereits einseitig an einen Kabelkoppler konfektioniert ist. Das Anschluss-Kit wird ausschliesslich als MPTL oder im Channel gemessen.



Office

Offene Gestaltung der Arbeitsplätze mit den elektronischen Geräten



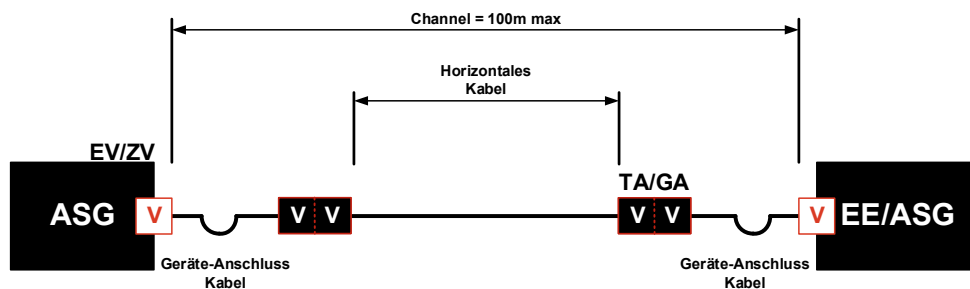
Fixe Installationen

Installation kann bis zum Anschlusspunkt vorbereitet werden um dann in kürzester Zeit die Endmontage zu bewerkstelligen.

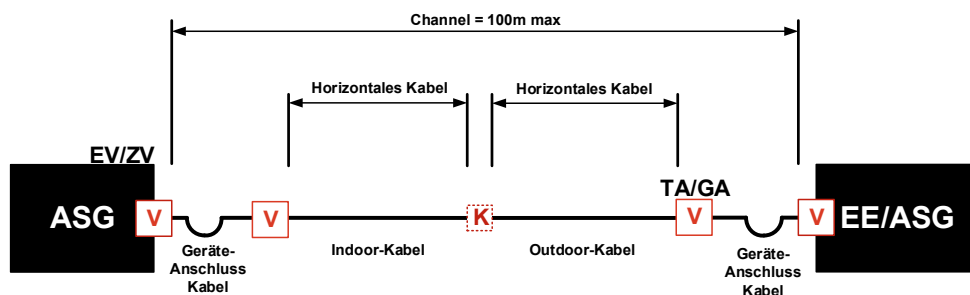


Gebäudeautomation

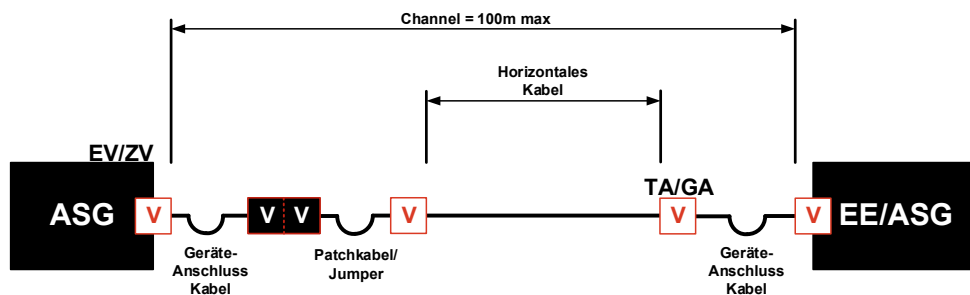
Flexible und schnelle Inbetriebnahme von Maschinen und Anlagen.



Modell Durchverbindung TA/GA mit RJ45 Koppler

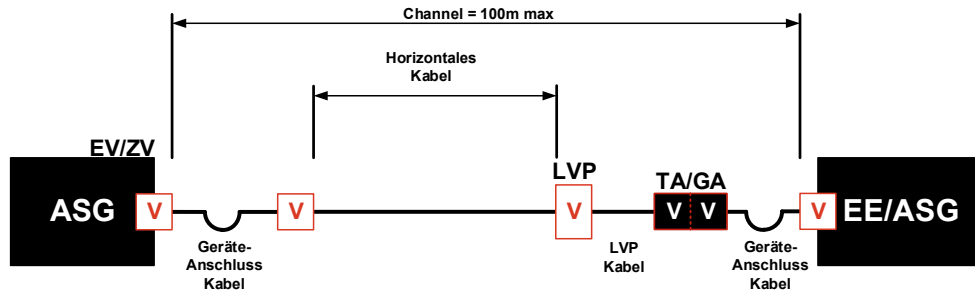


Modell gekoppelter PL Indoor/Outdoor mit Kabel Koppler

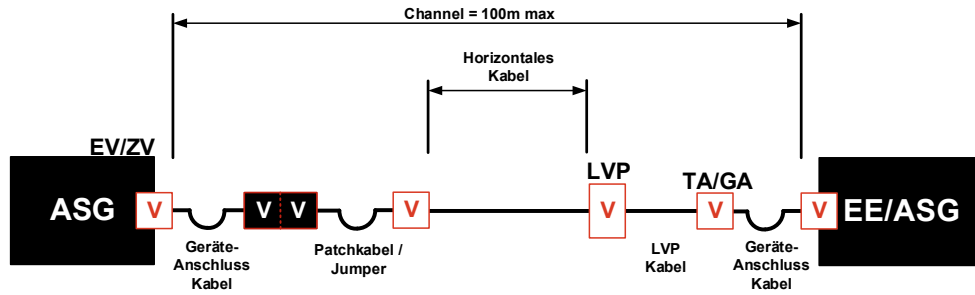


Modell Rangierung TA/GA mit RJ45 Koppler

3. Vor der Installation



Modell Durchverbindung TA/GA mit LVP und RJ45 Koppler



Modell Rangierung TA/GA mit LVP und RJ45 Koppler

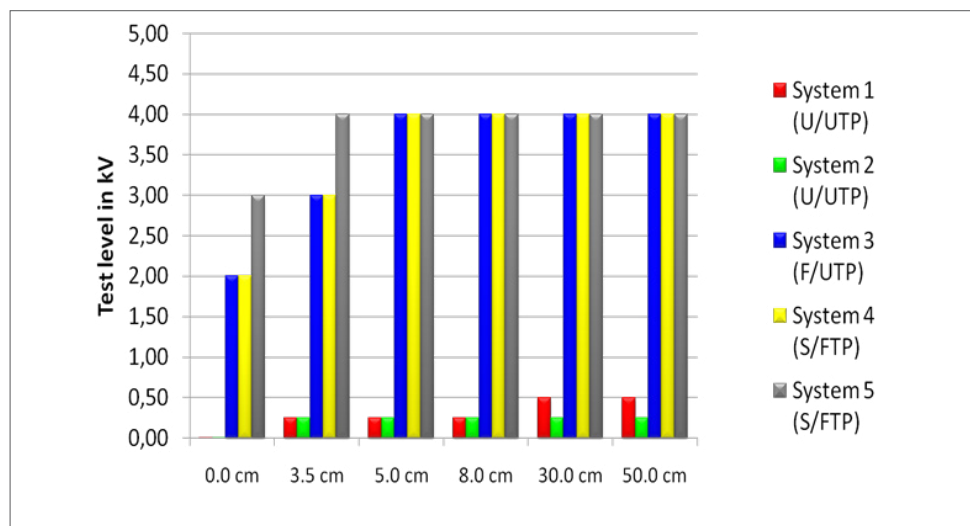
3.2.4 EMV-Vergleich zwischen STP- und UTP

Es zeigte sich, dass die Einführung von 10GBase-T tatsächlich einen wesentlichen Einfluss auf die Wahl der Verkabelung hat. Die erhöhte Empfindlichkeit der 10GBase-T-Übertragung gegenüber 1000Base-T wurde bei ungeschirmten Verkabelungen in der Immunität gegen Störungen von aussen deutlich sichtbar. Um den Betrieb von 10GBase-T sicherzustellen, kann nicht alleine auf die Verkabelung geachtet werden, sondern es müssen die Umgebungsbedingungen berücksichtigt und die Verkabelungskomponenten entsprechend ausgesucht werden. Die Koppelungsdämpfung kann dabei als qualitativer Vergleichsparameter für das EMV-Verhalten von Verkabelungen dienen.

Zusammenfassend hat diese Untersuchung gezeigt, dass mit einer geschirmten Verkabelung 10GBase-T in allen Umgebungsklassen problemlos verwendet werden kann. Dabei gilt: je besser die Schirmqualität, umso kleiner die Abstrahlung und somit bessert sich die Immunität der Verkabelung gegen Störungen von aussen.

Ungeschirmte Verkabelungen eignen sich dagegen nur ausserhalb des Heimbereichs und zusammen mit zusätzlichen Schutzmassnahmen für den Einsatz mit 10GBase-T. Sie dürfen innerhalb der EU nur ausserhalb des Wohnbereichs in dezidierten Arbeitsbereichen (Büros, Rechenzentren usw.) eingesetzt werden. Zusätzliche Schutzmassnahmen zur Reduzierung der externen Störeinflüsse beinhalten:

- Sorgfältige Trennung von Daten- und Stromversorgungskabel oder Störquelle (Mindestabstand zwischen Daten- und Stromkabel 30cm)
- Verwenden eines metallenen Kabelführungssystems für Datenkabel
- Verhindern des Betriebs drahtloser Kommunikationsgeräte in der Nähe der Verkabelung
- Verhindern von ESD durch aus der Elektronikfertigung bekannte Schutzmassnahmen



EMV Abstrahlung

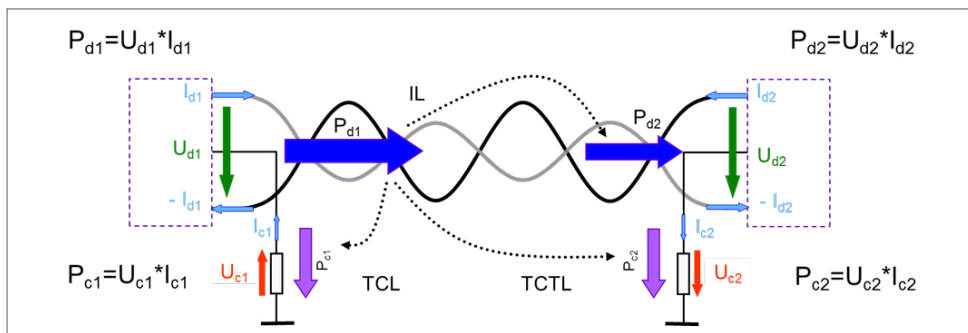
3. Vor der Installation

Für den Entscheid zwischen geschirmter oder ungeschirmter Verkabelung für 10GBase-T müssen die Einflüsse und Aufwendungen der zusätzlichen Schutzmassnahmen und betrieblichen Einschränkungen mitberücksichtigt werden.

In industriellen Umgebungen (Klassen E2 und E3) sollten geschirmte Verkabelungen eingesetzt werden. Bei erschwerten industriellen Umgebungen (E3) ist eine S-FTP-Schirmkonstruktion mit Geflechtsschirm notwendig, und es sollte möglichst eine doppelseitige Erdung der Verkabelung eingesetzt werden. Im Wohnbereich sollten ungeschirmte Verkabelungen nicht eingesetzt werden. Im Bürobereich und in Rechenzentren mit ungeschirmter Verkabelung sollten die oben erwähnten zusätzlichen Schutzmassnahmen vorgeschrieben werden.

3.2.5 Die Wichtigkeit der Symmetrie (TCL)

- Die Symmetrie oder TCL (Transverse Conversion Loss) ist ein wichtiger Parameter um die Leistungsfähigkeit der Verkabelung sicherzustellen.
Er zeigt wie gut die differentielle Übertragung in der Verkabelung funktioniert.
- TCL beeinflusst über komplexe Kopplungsmechanismen andere Parameter, ungenügende TCL Komponentenspezifikationen können Kanal NEXT Reserven reduzieren oder sogar NEXT Fehler erzeugen
- Die TCL Normspezifikationen für geschirmte Kabel unterstützen Klasse E und Klasse E_A Kanalanforderungen nicht. Verkabelungskanäle können fehlerhaftes NEXT aufweisen, obschon der PL und die Patchkabel alle Spezifikationen einhalten → Verantwortlichkeitsproblem!
- Härtere Patchkabel Spezifikationen und genügende NEXT Reserven im Permanent Link können die NEXT Leistungsfähigkeit des Kanals sicherstellen
- Geschirmte Kat. 6 und Kat. 6_A Patchkabel und SP Kabel sollten für Frequenzen über 100 MHz mit TCL Grade 2 spezifiziert werden.
- Geschirmte Klasse E und Klasse E_A Permanent Links sollten mit so viel NEXT Reserve wie möglich spezifiziert werden, um Reserven für normkonforme Patchkabel mit TCL Grade 1 zu schaffen.



TCL influence

3.2.6 Abstände zwischen Kupfer-Datenkabeln und Stromversorgungskabeln

Allgemeine Anforderungen

Halten Sie die in der Tabelle «Mindestabstände S gemäss EN 50174-2» angegebenen Mindestabstände zu Stromversorgungskabeln ein. Der genannte Mindestabstand A zwischen Daten- und Stromversorgungskabeln muss eingehalten werden, um die Einflüsse elektromagnetischer Störstrahlung auf die Datenkabel so gering wie möglich zu halten.

Hinweis

1. Örtliche Gegebenheiten können grössere Abstände als die hier angegebenen erforderlich machen.
2. Zwischen Datenkabeln und den Fassungen von Leuchtstoff-, Neon-, Glüh- und Entladungslampen (z.B. Quecksilberdampflampen) muss ein Mindestabstand von 130 mm eingehalten werden.
3. UTP-Systeme für 10GBase-T erfordern erheblich grössere Abstände als die durch EN50174-2:2018 verlangten. Einen Mindestabstand von 300 mm muss beibehalten werden zwischen Stromversorgungskabeln und Kupfer Datenkabeln.
4. Die Einhaltung der oben genannten Mindestentfernungen wird empfohlen. Bei geringeren Abständen drohen EMV-Störeinkopplungen, die während der Tests nicht erkannt werden.
5. In Fällen, in denen die Einhaltung dieser Richtwerte mit Schwierigkeiten verbunden ist (z.B. bei modularen Trennwandsystemen), dürfen Datenkabel unter der Voraussetzung, dass folgende Bedingungen eingehalten werden, auch näher an Stromversorgungszuleitungen für Steckdosen verlaufen:
 - a. Parallellaufende Kabelführungen von bis zu 5 m Länge sind zulässig, wenn ein Abstand von 25 mm durch Abstandhalter oder andere geeignete Vorrichtungen sichergestellt werden kann. Falls erforderlich, darf der Abstand auf einer Länge bis zu 150 mm auch weniger als 25 mm betragen, solange sich die Kabel nicht berühren.
 - b. Parallellaufende Kabelführungen von bis zu 9 m Länge sind zulässig, wenn ein Abstand von 50 mm sichergestellt werden kann. Auf einer Länge bis zu 300 mm darf der Abstand auch weniger als 50 mm betragen, solange sich die Kabel nicht berühren.
 - c. Falls mehrere Kabel auf besonders engem Raum geführt werden müssen, versuchen Sie zumindest, die Kabel so anzuordnen, dass nicht auf der ganzen Länge das gleiche Datenkabel direkt neben den Stromversorgungskabeln verläuft.
6. Elektroschränke und Verteilerschränke für Datenleitungen sollten nach Möglichkeit in verschiedenen Räumen untergebracht werden. In jedem Fall muss der Abstand zwischen Verteilerschränken und Elektroschränken mindestens 1 m betragen.

3. Vor der Installation

Abstände zu Störstrahlungsquellen

Gewöhnliche Quellen elektromagnetischer Felder sind normalerweise kein Problem für geschirmte Kabel. Als Vorsichtsmaßnahme sollten die Kabel (ausgenommen LWL-Kabel) jedoch so weit wie möglich, mindestens aber 1 m entfernt von solchen Störstrahlungsquellen installiert werden. Eine Einkopplung von Störungen ist ausserdem möglich, wenn Datenkabel in der Nähe von Hochfrequenzquellen verlegt sind (beispielsweise Antennen, Übertragungsleitungen, Sender und andere abstrahlende Geräte, Radareinrichtungen, industrielle Geräte wie Hochfrequenz-Induktionsheizungen, Hochfrequenzschweißgeräte, Isolationsprüfgeräte, leistungsstarke Elektromotoren und Aufzüge). Die Abstände zu Gebäudestrukturen und -ausstattungen müssen den nationalen und örtlichen Vorschriften entsprechen.

Auswirkungen auf Abnahmemessungen

Fremdspannungen auf der Datenverkabelung können die Ergebnisse der im Feld durchgeführten Messungen beeinträchtigen und verfälschen und dadurch eine Abnahmemessung unmöglich machen. Stellen Sie sicher, dass solche äusseren Einflüsse ausgeschlossen werden können. Sollte das Messgerät eine Fremdspannungswarnung anzeigen, versuchen Sie, diese durch Ausschalten möglicher Störquellen (USV, elektronische Vorschaltgeräte usw.) zu eliminieren. Diese Störspannungen können auch den einwandfreien Betrieb des Netzwerkes empfindlich beeinträchtigen.

Trennung von Kabeln in Kabelführungssystemen

Die Mindestanforderungen an die Trennung zwischen informationstechnischen- und Stromversorgung Verkabelung können gemäss EN50174-2:2018 wie folgt berechnet werden:

$$A = S \cdot P$$

A Abstand zwischen Daten- und Stromversorgungskabel

S Mindestabstand, siehe Tabelle unten

P Faktor für die Stromversorgungsverkabelung, siehe nächste Seite

Mindestabstände für STP-, UTP- und unsymmetrische Kabel

Informationstechnisches Kabel					
Geschirmt		Ungeschirmt		Koaxial / twinaxial	Trennklasse
Kopplungsdämpfung bei 30 MHz bis 100 MHz		TCL bei 30 MHz bis 100 MHz		Schirmdämpfung bei 30 MHz bis 100 MHz	
dB	Kategorie	dB	Kategorie	dB	
$\geq 80^a$	7, 7 _A	$\geq 70 - 10 \cdot \lg f$		$\geq 85^d$	d
$\geq 55^b$	5, 6, 6 _A	$\geq 60 - 10 \cdot \lg f$		≥ 55	c
≥ 40		$\geq 50 - 10 \cdot \lg f^c$	5, 6, 6 _A	≥ 40	b
< 40		$< 50 - 10 \cdot \lg f$		< 40	a

- a Kabel, die EN50288-4-1 (EN50173-1, Kategorie 7) erfüllen, entsprechen der Trennklasse «d».
- b Kabel, die EN50288-2-1 (EN50173-1, Kategorie 5) und EN50288-5-1 (EN50173-1, Kategorie 6) erfüllen, entsprechen der Trennklasse «c». Diese Kabel können in ihrer Leistung der Trennklasse «d» entsprechen, sofern die auch die betreffenden Anforderungen an die Kopplungsdämpfung eingehalten werden.
- c Kabel, die EN50288-3-1 (EN50174-1, Kategorie 5) und EN 50288-6-1 (EN50173-1, Kategorie 6) erfüllen, entsprechen der Trennklasse «b». Diese Kabel können in ihrer Leistung den Trennklassen «c» oder «d» entsprechen, sofern die auch die betreffenden Anforderungen an die an die transversale Umwandlungsdämpfung (TCL) eingehalten werden.
- d Kabel, die EN50117-4-1 (EN50173-1, Kategorie BCT-C) erfüllen, entsprechen der Trennklasse «d».

Klassifizierung informationstechnischer Kabel gemäss EN 50174-2:2018

Für informationstechnische Verkabelung oder Stromversorgungsverkabelung verwendete Kabelkanäle				
Trennklasse	Trennung ohne elektromagnetische Barrieren	Offener metallischer Kabelkanal ^a	Gelochter metalli- scher Kabelkanal ^{b, c}	Massiver metal- lischer Kabel- kanal ^d
d	10 mm	8 mm	5 mm	0 mm
c	50 mm	38 mm	25 mm	0 mm
b	100 mm	75 mm	50 mm	0 mm
a	300 mm	225 mm	150 mm	0 mm

- a Die Schirmleistung (0 MHz bis 100 MHz) entspricht einem geschweissten Stahlmaschenkorb mit Maschengrösse 50 mm x 100 mm (Leitern ausgenommen). Diese Schirmleistung kann auch mit einer Stahl-Kabelwanne (Kabelbündel ohne Deckel) mit einer Wandstärke unter 1,0 mm und mehr als 20% gleichmässig gelochter Fläche erzielt werden.
- b Die Schirmleistung (0 MHz bis 100 MHz) entspricht einer Stahl-Kabelwanne (Kabelbündel ohne Deckel) mit einer Wandstärke von 1,0 mm und höchstens 20% gleichmässig gelochter Fläche. Diese Schirmleistung kann auch mit geschirmten Stromleitungen erzielt werden, die nicht die in Anmerkung d festgelegten Leistungsmerkmale erfüllen. ^d
- c Die obere Oberfläche der installierten Kabel muss mindestens 10 mm unterhalb der Oberkante der Barriere liegen.
- d Die Schirmleistung (0 MHz bis 100 MHz) entspricht einem Stahl-Installationsrohr mit 1,5 mm Wandstärke. Der angegebene Trennabstand gilt zusätzlich zu jeglicher durch Trennsteg/Barrieren gebotenen Trennung.

Mindestabstände S gemäss EN 50174-2

3. Vor der Installation

Abstandsanforderungen zwischen metallischen informationstechnischen Kabeln und bestimmten EMV-Quellen

Störquellen	Mindestabstand (mm)
Leuchtstofflampen	130 ^a
Neonröhren	130 ^a
Quecksilberdampflampen	130 ^a
Hochdruckentladungslampen	130 ^a
Lichtbogenschweisssgeräte	800 ^a
Hochfrequenz-Induktionsheizungen	1000 ^a
Krankenhausgeräte	b
Funksendeanlagen	
Fernsehsendeanlagen	
Radareinrichtungen	

a Die Mindestabstände dürfen unterschritten werden sofern angemessene Kabelmanagementsysteme verwendet werden oder Herstellergarantien vorliegen.

b Wo keine Herstellergarantien vorhanden sind, ist eine Analyse der möglichen Störungen durchzuführen, z.B. Frequenzbereich, Oberwellen, Transienten, Impulse, übertragene Leistung usw.

Abstandsanforderungen gemäss EN 50174-2

Ausnahmen (nur für Büroumgebung)

Lockerung der Anforderungen unter bestimmten Bedingungen

- Die Anforderungen gemäss der vorangehenden Tabellen müssen nicht beachtet werden und es ist keine Trennung nötig, wenn entweder:
 - die informationstechnische Verkabelung anwendungsspezifisch ist und die Anwendungen eine Lockerung der Abstandsanforderungen ermöglichen oder wenn
 - alle folgenden Bedingungen erfüllt sind:
- Die Energieleiter:
 - bilden nur einphasige Stromkreise;
 - liefern einen Gesamtstrom, der nicht grösser als 32 A ist;
 - eines Stromkreises liegen nahe zusammen (z.B. in einem Gesamtaussenmantel, verdreht, verklebt oder gebündelt).
- Die Umweltklassifizierung der informationstechnischen Verkabelung entspricht E1 gemäss EN50173-1.
- Die informationstechnischen Kabel erfüllen die Anforderungen der Trennklassen «b», «c» oder «d» gemäss der vorangehenden Tabellen.

3.2.7 Kategorie 8

Aufgrund der Vorherrschaft von RJ45-Anwendungen und der vollständigen Rückwärtskompatibilität mit bestehenden Verkabelungssystemen hat R&M beschlossen, den PL der Kategorie 8.1 zu verwenden - mit anderen Worten, um den erfolgreichen RJ45-Ansatz beizubehalten. Bei Kategorie 8 Systemen kann nur das 2-Stecker Modell verwendet werden. Die zulässige Länge des Permanent Link (PL) mit Kategorie 8.x kann abgeleitet werden aus der maximalen elektrischen Länge des Übertragungskanals (Channel, 32 m) minus der Länge (LPC) und Typ der verwendeten Verbindungskabel.

Dies kann wie folgt berechnet werden: $L_{PL} = 32 - L_{PC} * X_{PC}$

Wobei LPL = maximale Länge des Permanent Link und LPC = kombinierte Länge aller Patchkabel in der Kanal. Der Faktor XPC hängt von der Art des Patchkabels ab: AWG22/23: 1, AWG24: 1,25, AWG26: 2

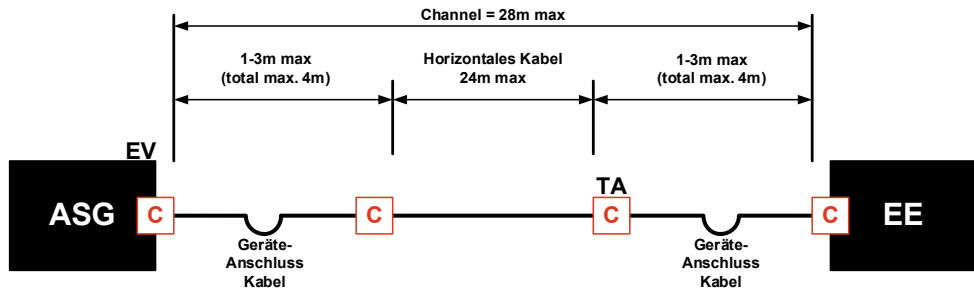
Die beiden Standardisierungsausschüsse ISO/IEC SC25 und TIA TR42 haben die maximalen Längen für Verkabelungselemente spezifiziert. Leider sind diese je nach Komitee unterschiedlich:

	ISO & IEC	TIA	R&M Empfehlung
Permanent Link	5 m – 26 m	Max. 24 m	5 m – 24 m
Totale Länge der Patchkabel	2 m – 4 m	Max. 6 m	2 m – 4 m
Elektrische Channel Länge	Max. 32 m	Max. 32 m	Max. 32 m
Mechanische Channel Länge	Max. 30 m	Max. 30 m	Max. 28 m

Längenbeschränkung für die Klasse I / Kat. 8

3. Vor der Installation

Die Einhaltung der R&M-Spezifikationen stellt sicher, dass alle Spezifikationen beider Standardisierungsfamilien erfüllt werden auch wenn verschiedene Typen von Patchkabeln (AWG 26 - 22) im Betrieb verwendet werden. Schematisch kann ein Channel der Kategorie 8.1 wie folgt dargestellt werden:



Schematische Darstellung eines Kat. 8.1- Channels mit Längenangabe

Ein AWG22-Installationskabel vom Typ 8.1 SF/UTP oder F/UTP sowie vom Typ 8.2 S/FTP oder F/FTP ist gekennzeichnet zur Verwendung für den PL. Eine rein ungeschirmte Variante ist aufgrund der 2000MHz nicht möglich. An diesen PL können abgeschirmte Patchkabel vom Typ 8.x angeschlossen werden. Wenn ein Patchkabel länger als 2 m ist, sinkt die Länge die man für die anderen Patchkabel verwenden kann. Es muss also koordiniert werden, um sicherzustellen, dass die Gesamtlänge der Patchkabel auf beiden Seiten die 4m nicht überschreiten.

Die Bezeichnungen, die bei der Bezugnahme auf Komponenten der Kategorie 8 verwendet werden, können zuweilen verwirrend und unklar sein. Aber, durch die Einteilung mit einer Übersichtsmatrix ist es einfach und schnell erklärt. Grundsätzlich befasst sich die TIA nicht mit den Übertragungsklassen. Im Gegensatz zu ISO/IEC gibt es keine Unterscheidung zwischen Komponentenkategorie und Link-Klasse. Darüber hinaus beinhalten die ISO/IEC die zusätzlichen Kategorien Kat. 7 und Kat. 7A ebenfalls. Es gibt jedoch keine Datenanwendungen für die entsprechenden Übertragungsklassen F und FA.

Normen	ANSI / TIA	ISO / IEC	ISO / IEC	R&M Eigenschaften
Komponenten Bezeichnung	Kat. 8	Kat. 8.1	Kat. 8.2	
Link Bezeichnung	Kat. 8	Klasse I	Klasse II	
Installationskabel	F/UTP oder x/FTP AWG 22 – AWG24 max. Durchmesser 9mm	F/UTP, SF/UTP oder x/FTP, max. Durchmesser 9mm	x/FTP, max. Durchmesser 9mm	Ausschliesslich S/FTP – AWG 26 max. 2 GHz
Module	RJ45	RJ45	GG45 oder TERA	
Patchkabel	Geschirmt AWG26 – AWG22 max. Durchmesser 8mm	Geschirmt AWG26 – AWG22	Geschirmt AWG26 – AWG22	Ausschliesslich S/FTP - AWG 26 max. 2 GHz
Stecker	RJ45	RJ45	RJ45/ARJ45 oder TERA	

R&M Systemumfeld

Komponenten Anforderungen der Norm

Die Anforderungen an die Installationskabel der Kategorie 8.1 wurden für eine x/UTP-Konstruktion definiert. Aus technischen Gründen sind solche Kabel jedoch noch nicht verfügbar. Kat. 8.2 Installationskabel in S/FTP Konstruktionen sind jedoch verfügbar und technisch ausgereift. Jedes Kat. 8.2 Kabel erfüllt auch die Anforderungen von Kat. 8.1. Aus diesem Grund bietet R&M nur Kat. 8.2 Installationskabel an, welche auch in einem Klasse-I System ordnungsgemäss funktionieren.

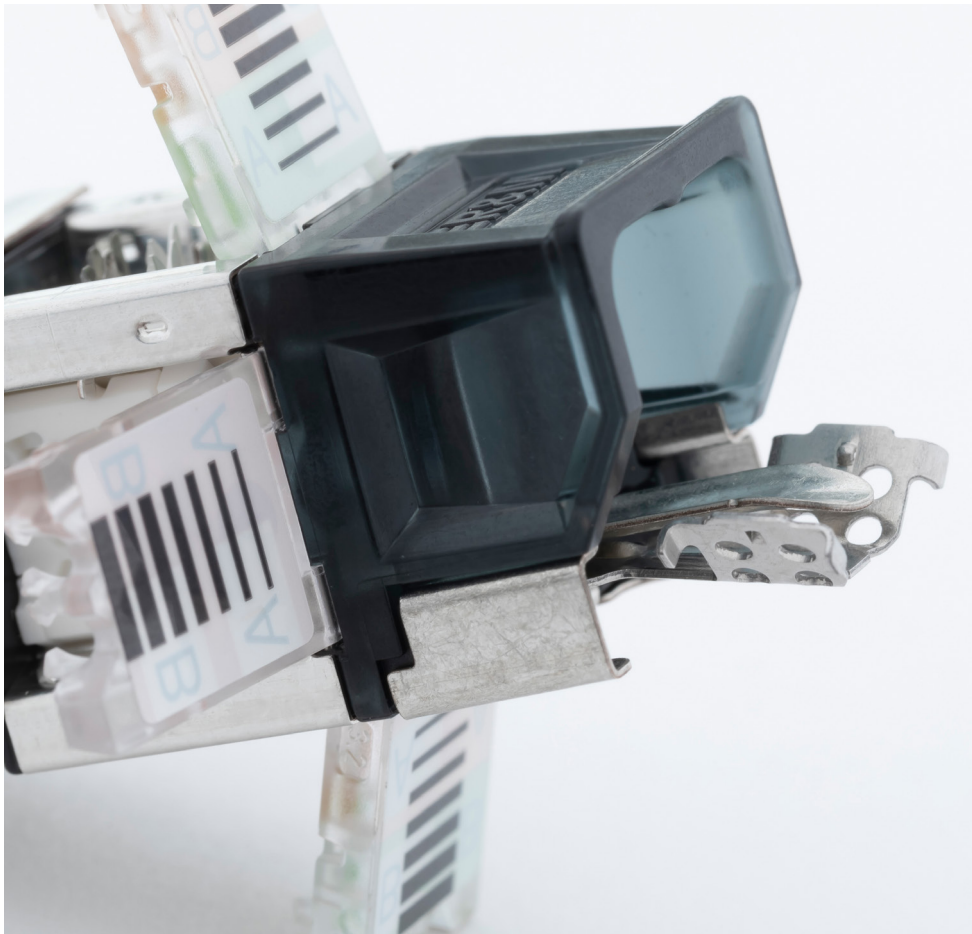
Verwendung im Rechenzentrum

Bei der Verkabelung von Rechenzentren kann davon ausgegangen werden, dass die Einführung der Kategorie 8 hauptsächlich von den Preisen und der Verfügbarkeit der Endgeräte bestimmt wird. Prinzipiell gibt es zwei allgemeine Anwendungen für Rechenzentren, Top of Rack (ToR) und End of Row (EoR), die eigentlich der Ursprung der Entwicklung der Kategorie 8 waren.

3. Vor der Installation

Kategorie 8.1 auch in der LAN-Umgebung

Access Points für WiFi6 und Antennensysteme für 5G treiben den Bandbreitenbedarf in naher Zukunft auf über 10Gbit/s. 25Gbit/s-Übertragungshardware ist bereits in der Entwicklung. Für diese Anwendung wird demnächst eine geeignete Verkabelungsstruktur benötigt. Es ist sicher anzunehmen, dass Kat. 8.1 zukünftig auch in der LAN-Umgebung eingesetzt wird, wenn die 25 GBase-T Variante eingeführt wird. Die Übertragungsfrequenzen von 1.600 MHz erfordern für eine Datenrate von 40 GB/s eine Begrenzung der Verbindungslänge auf 24m, aufgrund der hohen Dämpfungswerte der Verkabelung bei diesen Frequenzen. Bei 10 GB/s und 400 MHz beträgt diese Länge immer noch 90m. Schätzungen für 25 GB/s und 1.000 MHz schlagen eine maximale erreichbare Verbindungslänge von 50m vor. Diese erreichbare Länge kommt mitunter aus dem technischen Bericht der ISO/IEC TR11801-9909 hervor. Mit einer erreichbaren Verbindungslänge von 50 m, können rund 60% der Links in der LAN-Umgebung realisiert werden. Dies macht Kat. 8.1 zu einer praktischen Lösung für das LAN.



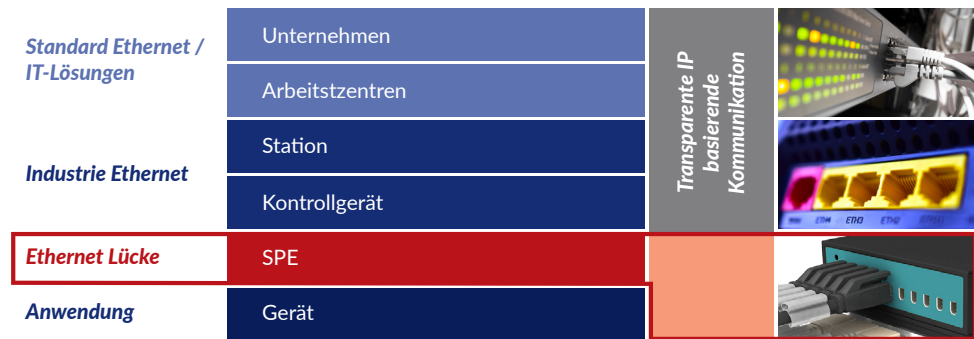
030.5985

3.2.8 Single Pair Ethernet (SPE)

Single Pair Ethernet (SPE) ist eine Anwendung, die aufregende neue Übertragungstechnologien vorantreibt, die in den kommenden Jahren die Gebäude- und Industrieautomation beeinflussen werden.

SPE ist eine Ergänzung zum bestehenden Digital Ceiling Konzept und wird RJ45

Installationen in dieser Umgebung nicht ersetzen. SPE hat das grosse Potenzial, die bestehende Ethernet-Lücke in der Gebäude- und Industrieautomation zu schliessen. Es wird eine barrierefreie Kommunikation vom Sensor zu der Cloud mit einem einzigen Protokoll (IP) ermöglichen.

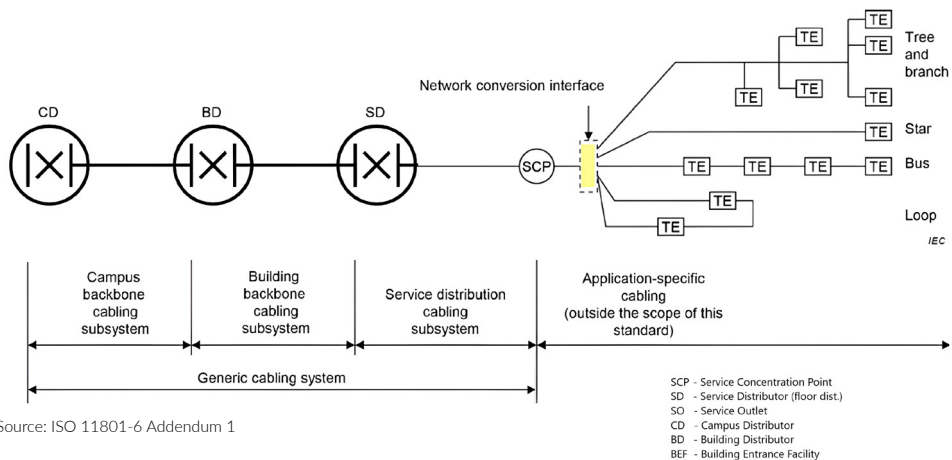


An dieser Stelle passt das Single Pair Ethernet in das IEEE Konzept.

In der Zukunft können viele einfache Geräte an das Netzwerk angeschlossen werden, wo der RJ45 sich als unnötig und sperrig für die erforderliche Dichte der Konnektivität erweisen würde.

SPE wurde als Lösung für diesen zukünftigen Konnektivitätsbedarf eingeführt.

SPE verdoppelt in etwa die Konnektivitätskapazität von Netzwerkgeräten und reduziert potenziell die Kosten der Verbindung (1 statt 4 Paare). Der Service Outlet wird jedoch aufgrund der potenziellen Anforderungen von Anwendungen wie Wireless Access Points (WAP) oder DAS als RJ45-Anschluss beibehalten.



3. Vor der Installation

Bewährte Technologie

- Hochwertige Kabelanschlüsse mit Schneidklemmkontakten (IDC)
- Signalkontakte in Industriequalität
- Zuverlässige gecrimpte Zugentlastung und Schirmkontakt
- Voll funktionsfähige Knickschutztülle

Simple Handling

- Intuitive Handhabung → schnell zu beherrschen
- Kleine Produktabmessungen für hohe Dichte im 7-mm-Raster
- Optionaler Lichtleiter für einfache Statusanzeige mit PCB-basierter LED
- Kontaktqualität unabhängig vom Anschlusswerkzeug dank IDC-Technologie
- Aufschnappbare Knickschutztülle

Einfache Logistik

- Pick-and-Place-fähige Bandspulenverpackung für PCB-Buchsen
- Werkzeuge für Crimparbeiten verfügbar
- Praktische Grossverpackung für SPE-Steckerset
- Minimale Investition zur Aufnahme des Betriebs

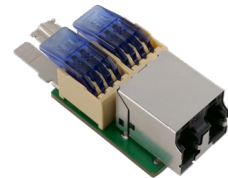
Info: Die Standartisierung von SPE ist noch nicht finalisiert

R&M Single Pair Ethernet Patchkabel werden eingesetzt für Punkt-zu-Punkt-Verbindungen zwischen Netzwerk Einrichtungen und Geräten oder zwischen aktiven Geräten und Rangierfeldern oder Telekommunikations Steckdosen.



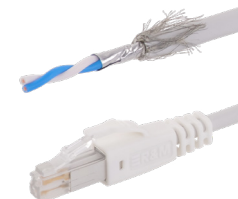
SPE Anschlussmodule

R&M Single Pair Ethernet Duplex Anschlussmodule werden eingesetzt für permanente Verbindungen oder MPTLs in strukturierten Verkabelung eingesetzt zwischen Rangierfeldern und Telekommunikations Telekommunikationsdosen oder SPE-Geräten verwendet.



SPE-Kabel

SPE Installationskabel werden zum Aufbau von festen, permanenten Verbindungen oder MPTLs.



3.2.9 Remote Powering – PoE, PoE+ und 4PPoE

Die Fernspeisung mittels PoE hat sich in den vergangenen 15 Jahren rasant entwickelt. Die übertragbare Leistung hat sich von bescheidenen 15W bei PoE auf voraussichtlich 90W bei 4PPoE gesteigert. Der Standard für 4PPoE (IEEE 802.3bt) wird voraussichtlich 2018 ratifiziert. In einem früheren Weiss Paper hat R&M bereits die Auswirkungen dieser erhöhten Strombelastung auf die Netzwerkverkabelung untersucht. Doch nun folgt der nächste Schritt in der Evolution der PoE-Nutzung. Die Verwendungsbedingungen bei den Endgeräten ändern sich. In der Vergangenheit beanspruchten die PoE-gespeisten Geräte eher selten die Maximalleistung oder sie wurde nur für eine relativ kurze Zeit benötigt.

Ein typisches Beispiel

Die Ausrichtung und Fokussierung einer IP-Kamera. Hat sie die richtige Position erreicht, fällt sie in den reinen Übertragungsmodus zurück. So blieb der Durchschnittsverbrauch verhältnismässig gering. Neuere Anwendungen beanspruchen jedoch die maximale elektrische Leistung auf Dauer. Rund um die Uhr, an sieben Tagen in der Woche fliessen hohe Ströme (24/7 Betrieb). Namentlich sind hier vernetzte LED-Beleuchtungssysteme (z.B. Connected



030.5742

Lighting) in modernen Bürogebäuden (Digital Buildings) oder digital gesteuerte LED-Werbeflächen und Informationstafeln (Digital Signage) zu nennen. Es stellt sich die Frage, ob die aktiven und passiven Netzwerkkomponenten für diese Dauerbelastung ausgelegt sind. Wie wirken sich die hohen Ströme langfristig auf die Qualität des Datennetzes aus? Wie können Anwender eventuell auftretenden Nachteilen von Anfang an entgegenwirken? Hersteller von Netzwerkgeräten haben auf die geänderten Anforderungen bereits reagiert. Eine neue Switch-Generation kann auf allen Ports simultan und kontinuierlich High Power PoE liefern.

Ein Beispiel ist die Cisco Catalyst Digital Building CDB-8x Serie. Diese Switches können bis zu 60W pro Port kontinuierlich liefern. Dabei muss nicht einmal ein Lüfter für Kühlung sorgen. Dadurch ändert sich auch die Belastung der passiven Netzwerkkomponenten. Für die Verkabelung, die Verteiler- und Verbindungstechnik gilt: Was bei einer gelegentlichen Spitzenbelastung noch zu verkraften war, wird bei Dauerbelastung schnell einmal zum Handicap.



030.5887

3. Vor der Installation

Was ist bei der Planung von PoE zu beachten

Die Kabelbündel erwärmen sich infolge der hohen Ströme. Das ist eine ganz natürliche Auswirkung von PoE. Höhere Kabeltemperaturen reduzieren das Dämpfungsbudget und damit unter gewissen Umständen die maximal mögliche Link-Länge. Doch bei vorausschauender Planung beherrschen Fachleute diesen Aspekt spielend. Hilfestellung bietet der PoE-Rechner von R&M. Das Tool für die Planung steht auf <https://www.rdm.com/services/downloads/> zur Verfügung. Im Suchfeld «POE» eingeben.

Wärmeentwicklung bei PoE

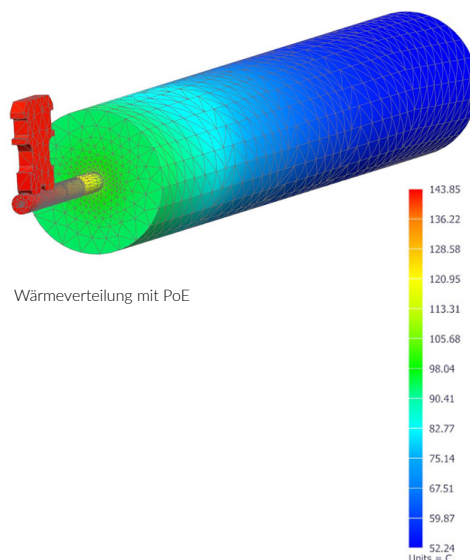
Die physikalische Folge einer PoE-Anwendung ist nachvollziehbar: Je höher die Stromstärke in einer Kupferader und je geringer deren Querschnitt, umso wärmer wird sie. Die typische Kabelkonstruktion gewährleistet, dass eine Ader niemals alleine ist. Die gesamte Erwärmung eines Kabels hängt von weiteren Faktoren ab:

- Kabelbauart
- Anzahl der Kabel im Kabelbündel
- Art der Verlegung – offen oder im Installationskanal
- Luftkonvektion bzw. Zwangsbelüftung

Diese Effekte müssen differenziert betrachtet werden. Normentwürfe wie ISO/IEC TR 29125 (siehe Anhang) benutzen Berechnungsmodelle, welche den Temperaturanstieg in zwei Stufen aufteilen:

- Temperaturanstieg innerhalb des Kabelbündels
- Temperaturanstieg des Kabelbündels gegenüber der Umgebung

Anhand dieser Modelle lässt sich die erwartete Erwärmung für das heisseste Kabel in einem Bündel berechnen. Zur Diskussion steht jedoch nicht das Modell an sich, sondern die Gewichtung der Effekte durch die Wahl der Koeffizienten. Diese Koeffizienten werden so lange verändert, bis die Simulationenwerte den Messungen in der Realität entsprechen. Höhere Temperaturen erhöhen ausserdem den Kupferwiderstand und damit die Dämpfung der Signalübertragung, was die mögliche Streckenlänge des Links reduziert. Die Erwärmungen des Kabels durch die Stromübertragung kann die Dämpfung eines Kabels so weit erhöhen, dass eine Datenübertragung unmöglich wird.



050.6451

Anschlussstechnik IPC vs IDC

Ein anderer Aspekt verdient viel mehr Beachtung: die Anschlussstechnik bei PoE-Installationen. Es geht konkret um den wichtigen Bereich zwischen Kabel und Stecksystemen, die Verbindungen zwischen den einzelnen Adern und Kontakten. Wer nachhaltiger Betriebs- und Gebäudesicherheit bei PoE-Anwendung garantieren und ein hochverfügbares Netzwerk bereitstellen will, muss die geeignete Beschaltung wählen. Erfahrungen aus der Praxis bestätigen die Meinung von R&M, dass die Industrie bei der Anschlussstechnik ein Damoklesschwert kreiert hat. Und das kann bei Anwendung von PoE mit permanenter Maximalleistung jederzeit (d.h. unplanbar) zuschlagen. Häufig erfolgt die Beschaltung der Adern bei RJ45-Steckverbindern mit Durchdringkontakten (Insulation Piercing Contact, IPC). Diese Technologie birgt ein erhebliches Risiko. Bei IPC wird eine (nicht federnde) Kontaktplatte durch den Litzenleiter gepresst. Die einzelnen Litzen liegen aussen am Kontakt an. Sie bilden einen guten initialen Kontakt.

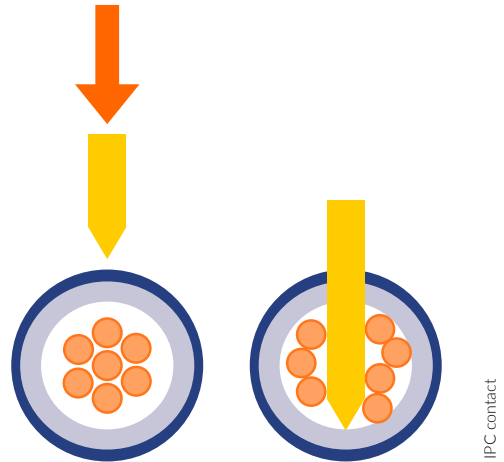
Qualitätssicherungsmassnahmen der Hersteller garantieren eine solide Verarbeitung. Allerdings wirkt ausschliesslich die Kraft des Kunststoffmantels. Die Isolation drückt die aussen anliegenden Litzen an die Kontaktfläche. Es wird zwar erwartet, dass diese Beschaltung von Dauer ist. Doch es gibt keinen zusätzlichen robusten Mechanismus, der für eine nachhaltig stabile Kontaktierung sorgt.

Tatsächlich geht der Kontakt nach und nach verloren aufgrund von:

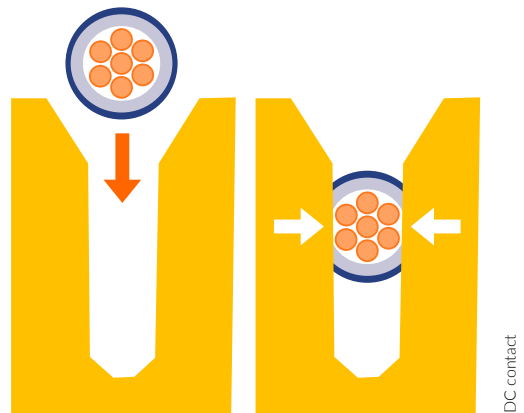
- Alters- und Ermüdungserscheinungen der Isolation
- mechanischen Belastungen der Steckverbindung
- thermischen Wachstums- und Schrumpfprozessen der Leiter

Der Übergangswiderstand erhöht sich kontinuierlich und unvorhersehbar. Bei einer Strombelastung durch PoE steigt die Temperatur am Kontaktübergang. Die höhere Temperaturbelastung

verschlechtert den Kontakt weiter: der Übergangswiderstand wächst exponentiell. Schliesslich versagt die Verbindung. Der ganze Stecker kann überhitzen und sich selbst zerstören.



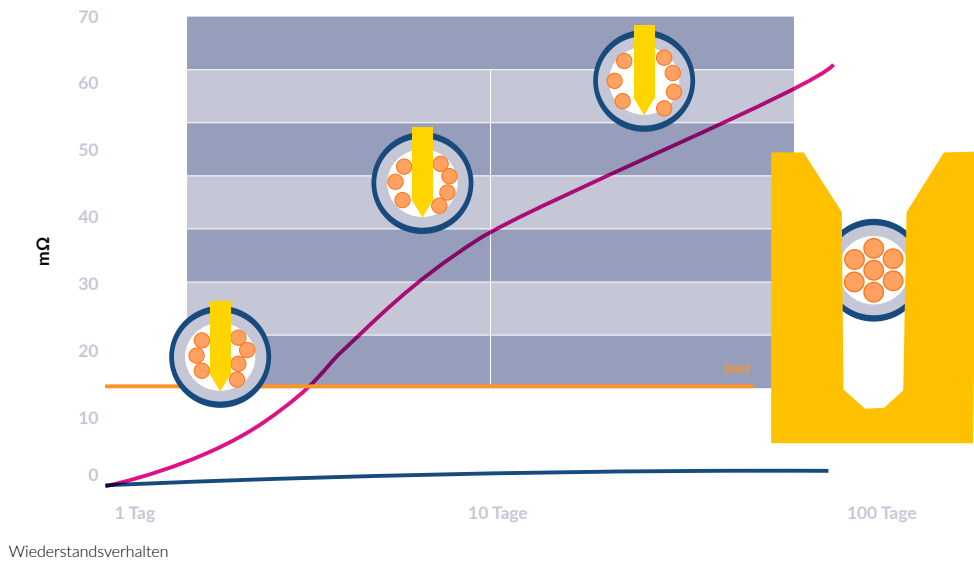
Die Alternative zu IPC heisst: Schneidklemmverbindung (Insulation Displacement Contact, IDC). Bei IDC wird die Litze zwischen den beiden Schenkeln eines Federkontaktes mechanisch eingeklemmt (Bild rechts). Die beiden Kontakthälften schneiden durch die Aderisolation und drücken dann federnd auf die Litze. Sie sorgen so für einen sicheren, stabilen Kontakt. Die Beschaltung hält auch, wenn die Litze durch externen Stress belastet werden sollte. Die Litze kann nicht ausweichen!



3. Vor der Installation

Zudem erweist sich die IDC-Beschaltung bei fachgerechter Ausführung als vibrationsstabil, feuchtigkeitsresistent, staub- und gasdicht und somit korrosionsgeschützt. Der Übergangswiderstand einer IDC-Verbindung verändert sich über die Zeit nur geringfügig und stabilisiert sich danach. Dies zeigen Versuchsreihen und jahrzehntelange Erfahrungen des R&M-Labors. Eine IDC-Verbindung stellt also langfristig eine zuverlässige Verbindung sicher. Das Bild unten zeigt das Widerstandsverhalten einer Durchdring- und einer Schneidklemmverbindung bei künstlicher Alterung in der Klimakammer.

Kontaktwiderstand mit 0.14 mm² Litze



R&M verwendet die Schneidklemm-Technologie seit Jahrzehnten. Seit dem Jahr 2000 wird sie auch bei den RJ45-Steckern der R&M-Rangierkabel eingesetzt.

R&M ist der einzige Hersteller, der die IDC-Technologie in Steckern für die kommerzielle Rangierkabelproduktion einsetzt. Damit eignen sich diese Rangierkabel vorzüglich für den Einsatz in PoE-Systemen. Die Beschaltung zeichnet sich durch einen stabilen, zuverlässigen und niedrigen Übergangswiderstand aus.



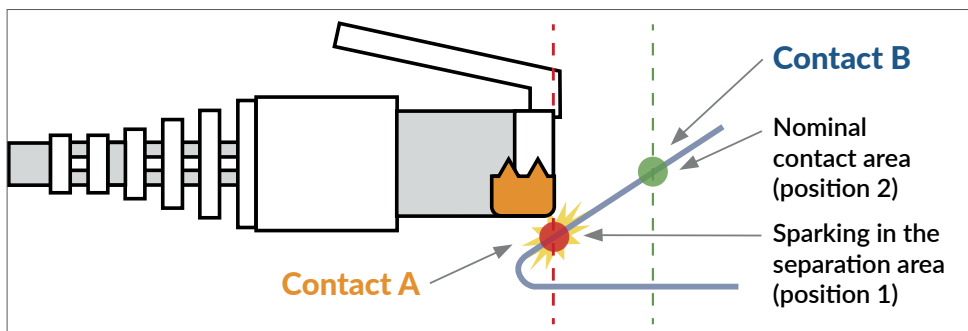
RJ45 plug insert

Hinzu kommt die international vorbildliche R&M-Qualitätssicherung, die jedes einzelne Produkt durchlaufen muss. R&M stellt für die gesamte Lebensdauer eines Rangierkabels sicher, dass es zu keinen unliebsamen Überraschungen kommt.

Notiz: Für R&Mclassic Patchkabel ist der PoE-Applikationssupport von der 25-jährigen R&Mfreenet Systemgarantie und der lebenslangen Applikationsgarantie ausgeschlossen

Kontaktdesign

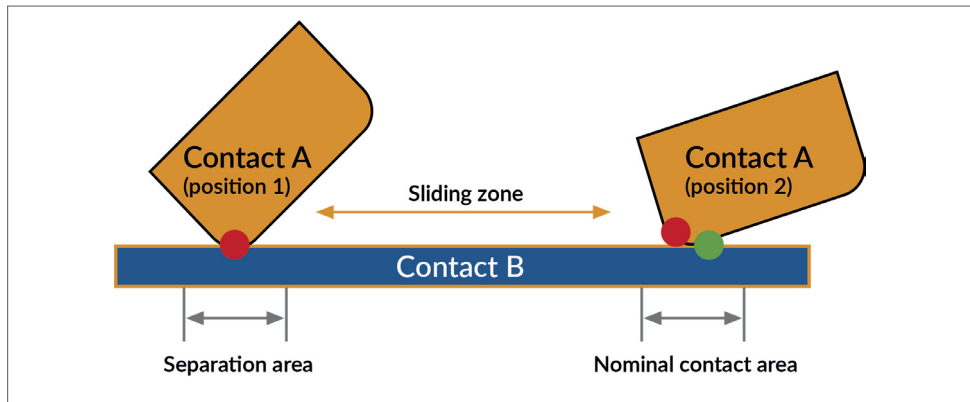
Beim Öffnen eines Stromführenden Kontakts entsteht eine Funkenbildung. Beispielsweise bei Power over Ethernet (PoE), wenn man während des Betriebs den LAN-Stecker zieht. Elektrisch ist der Effekt mit den Induktivitäten auf dem Strompfad zu erklären: Der Strom ändert sich nicht abrupt, er «will einfach weiterfließen». Zwar können im Prinzip auch beim Einstecken Funken entstehen. Bei Power over Ethernet ist das aber kein Problem, weil das versorgende Gerät mit den zu versorgenden Endgeräten «verhandelt». Die Stromversorgungs-Elektronik stellt per Widerstandsmessung fest, ob das Endgerät PoE überhaupt akzeptieren kann und wenn ja, welcher Leistungsklasse es angehört. Erst danach fließt der entsprechende Strom. Das kann beim neuen 4-Pair Power over Ethernet (4PPoE) mit bis zu 100 W Leistung eine Stromstärke von bis zu einem Ampere pro Adernpaar sein. Die Elektronik der Aktivgeräte kann jedoch nicht voraussehen, wann jemand den LAN-Stecker zieht. Das Ausstecken erfolgt in diesem Fall unter Last und dabei entsteht der Abreissfunke (Bild unten). Er erzeugt punktuell ein Plasma mit extrem hohen Temperaturen, die sowohl den Stecker- als auch den Buchsenkontakt lokal beschädigen können. Der «Abbrand» zeigt sich unter dem Mikroskop oft als Krater im Kontaktmaterial.



Funkenbildung beim
Ausstecken unter Last

Die Kontakte der RJ45-Stecker und die goldbeschichteten Federungen der Anschlussmodule hat R&M so gestaltet, dass die Abreisspunkte möglichst weit ausserhalb des nominalen Kontaktbereichs liegen. Im gesteckten Zustand stören sie also die Datenübertragung nicht. Der Stecker wird durch die PoE-Lastung nicht heiss. R&M empfiehlt allen Planern und Installateuren von PoE-tauglichen Netzen, auf solche Kriterien zu achten, auch wenn diese nicht unbedingt in den Datenblättern der Hersteller stehen. R&M hat die Auswirkungen von PoE auf den Steckverbinder ausgiebig untersucht insbesondere die Beschädigung durch Funkenbildung und war auch massgeblich an der Normierung dieses Effekts beteiligt. Damit wurde das Konzept des nominalen Kontaktbereichs eingeführt. Während des Steckvorgangs verschiebt sich der Berührungspunkt zwischen den Kontakten A und B entlang der Oberfläche der Kontakte vom ersten Kontaktpunkt (Verbindungs- / Trennungsbereich) zum Endkontaktpunkt (nominaler Kontaktbereich).

3. Vor der Installation



Verschiebung Kontaktpunkt
beim Steckprozess

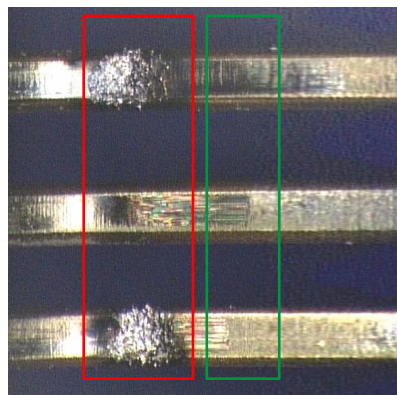
Diese beiden Bereiche sind durch die Schleifzone getrennt (vorheriges Bild). Die Untersuchungen zeigen: Das Design von modularen Steckverbindern, das im Standard IEC 60603-7 beschrieben wird, sollte sicherstellen, dass die Zone, in der der Kontakt unterbrochen wird und Funkenbildung entstehen kann, von der Zone getrennt ist, in der der Kontakt zwischen Stecker und Buchse bei normalem Betrieb hergestellt wird (nominaler Kontaktbereich). Allerdings wird die Zerstörung des Kontaktes in Trennungsbereich umso grösser, je höher die getrennte Leistung ist. Durch geschickte Formgebung der Buchsenkontakte ist es R&M gelungen, die Schleifzone bei Buchse und Stecker zu maximieren. Dadurch sind RJ45-Komponenten von R&M besonders gut für den Einsatz im 4PPoE geeignet.

"Es gibt viele Messgeräte Hersteller, die jetzt zur Verwendung eines separaten PoE-Tests raten, aber dies ist nur ein Widerstandsbalance-Test und vermittelt kein wahrheitsgetreues Bild der Fähigkeit des getesteten Systems, mit der Leistung über das strukturierte Verkabelungssystem zurechtzukommen.

Um eine erfolgreiche Systemunterstützung von PoE-Anwendungen zu gewährleisten, müssen ein geeignetes Design (unter Verwendung unseres PoE-Rechners), eine qualitativ hochwertige Verkabelung und die hochwertigsten Steckverbinder im System vorhanden sein.

R&M kann den erfolgreichen Betrieb von PoE-Anwendungen durch den Einsatz von bewährten Qualitätsprodukten sicherstellen. Diese zugelassenen Produkte, die speziell für PoE-Anwendungen geeignet sind, erhalten einen Stempel, um ihre Eignung für diese Anwendungen zu unterstreichen.

Beschädigung wirkt sich nicht auf die Kontaktzone aus.
Nominaler Kontaktbereich (grün) ist deutlich getrennt



Good contact design

Neue PoE Standartisierung und Remote Powering Klassen

In den letzten Ausgaben der Installationsstandards ISO/IEC 14763-2 und EN 50174-2 wurde die Kategorie der Fernspeisung für alle strukturierten Verkabelungen eingeführt:

- RP1: Der Effektivwert des Stroms aller Adern in einem Bündel liegt unter 212 mA.
Keine zusätzliche Planung aufgrund von PoE. Uneingeschränkte Nutzung von PoE und PoE+. Die Verwendung von 4PPoE-Geräten erfordert Verwaltung und Dokumentation.
- RP2: Effektivwert des Gleichstroms aller Leiter in einem Bündel beträgt 212 - 499 mA.
Es muss eine Planung/Bewertung durchgeführt werden, um den Effektivwert-Gleichstrom zu bestimmen. Das Anschließen zusätzlicher PoE-Geräte muss während des Betriebs geprüft werden.
- RP3: Der Effektivwert des Gleichstroms aller Leiter in einem Bündel beträgt bis zu 500 mA.
Planung der Kabelimplementierung, um die uneingeschränkte Verwendung von 4PPoE. Bevorzugte Option.

Der maximale DC-Fernstrom auf einem Leiter beträgt 500 mA für alle Kategorien

Kategorie	i_c - * Durchschnitt (mA)	i_c - ** max (mA)	Erforderliche Kontrollen, Verwaltung und Dokumentation während		
			Initiale Planung	Anbringung von PoE Geräten	Planung der nachfolgenden Verkabelung / Erweiterung
RP1	≤ 212	≤ 500	Nein	Ja, für 4PPoE	Ja, für 4PPoE
RP2	> 212 < 500	≤ 500	Ja, Bewertung der zulässigen i_c - Durchschnitt	Ja, für 4PPoE	Ja
RP3	≤ 500	≤ 500	Ja	Nein	Ja

Zusammenfassung der zusätzlichen RP1 - RP3 Anforderungen

* i_c -Durchschnitt: Effektivwert aller Gleichströme innerhalb der Paare aller Kabel eines Bündels

** i_c -max: maximaler Strom, den eine entfernte Stromquelle in ein Kabelpaar einspeisen darf

3. Vor der Installation

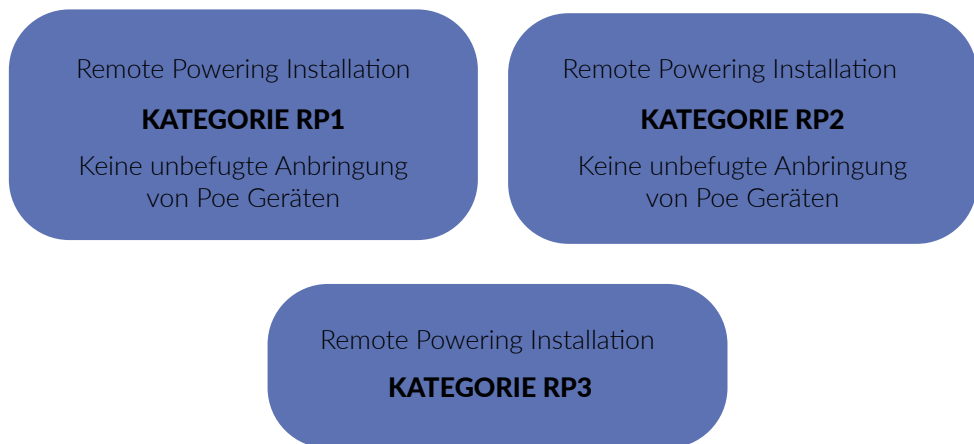
Umsetzung von RP 1-3

Aufgrund des Widerstands der Leiter kann der über PoE eingeleitete Strom je nach Kabelbündel, Einhausungstyp und Umgebungsbedingungen erhebliche Wärme erzeugen.

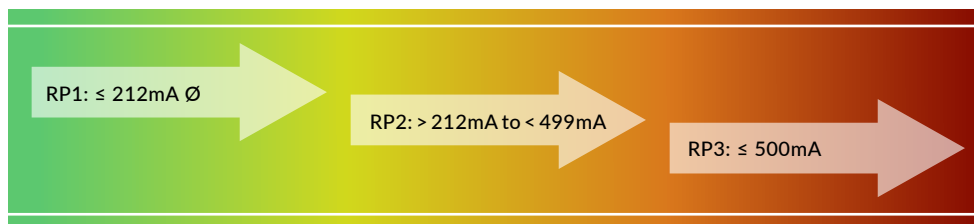
Höhere Kabeltemperaturen erhöhen die Verbindungsdämpfung, was sich auf die nutzbaren Verbindungslängen auswirkt. Je nach Installation muss die maximale Linklänge reduziert werden, um einen reibungslosen Betrieb zu gewährleisten. Die zulässigen Kabeltemperaturen müssen dabei beachtet werden.

Ein Link allein wird immer 4PPoE unterstützen, die Herausforderung besteht darin, sicherzustellen, dass die Verkabelung in der Lage ist, mehrere PoE-Geräte zu betreiben, die am selben Kabelbündel angeschlossen sind. Diese Fähigkeit wird nicht allein durch die Wahl der Komponenten bestimmt, sondern vor allem durch die richtige Planung und Ausführung der Installation.

Um den sicheren Betrieb eines Systems zu gewährleisten, ist es sinnvoll, die RP-Kategorie am Verteilerpunkt der Verkabelung anzugeben, damit die IT-Abteilung oder der Systemmanager darüber informiert ist.



Beispiele für RP-Kategorie-Indikatoren



Verhältnis zwischen RP Klassen und PoE

4PPoE (90W)	Typ 4							
4PPoE (55W)	Typ 3							
PoE+	Typ 2							
PoE	Typ 1							
Klasse	1	2	3	4	5	6	7	8
Leistung (W)	4	7	15	30	45	55	75	90
Gespeiste Paare	2				4			
i_c (mA)*			175	300		300		500
i_c -Durchschnitt (mA)			124	212		300		500
RP Kategorie	RP1				RP2			RP3

* i_c : Gleichströme, die eine entfernte Stromversorgungseinrichtung in ein Kabelpaar einspeist

3. Vor der Installation

PoE Kalkulator 3. Generation

Um das Leben einfacher zu machen, wurde der R&M PoE-Rechner generalüberholt.

Die Auswahlbedingungen und die Eingabemaske wurden an die Standards angepasst und die Kabelsegmente für 2 und bis zu 4 Steckerausführungen optimiert.

Die Kategorie RP ist im neuen Rechner implementiert. Für zukünftige Garantianträge wird immer RP1 erreicht und garantiert. Ein Garantiantrag für RP2- und RP3-Systeme erfordert ein vollständig dokumentiertes Kalkulationsblatt und eine vollständige Liste der verwendeten Komponenten, damit die Garantie für die Installation gewährt werden kann.

Wir empfehlen dringend den Einbau einer RP3-fähigen Anlage, um das Risiko für zukünftige Anschlüsse zu verringern. RP2-Systeme müssen bei jeder Änderung oder Aktualisierung der Anlage neu berechnet werden (dies schließt jede Änderung des Anschlusses aktiver Komponenten ein).

PoE-Application Category:
 Class:
 Connectors in Channel
 Total patchcord length:
 Patchcord coefficient:
 Max. cable temperature:

RP3
 D
 2
 10 m
 1.5
 60 °C

Shielding:
 STP Prio:

Power: W
 Note: No restrictions on the use of 4PPoE.
 Temperature increase expected.

Standard channel length: m

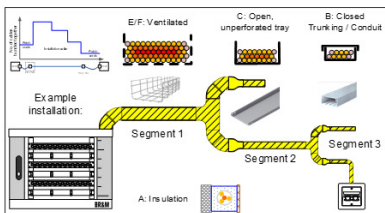
Link segment no.	Cable type	Attenuation reserve of cable for app. Class	Installation cable diameter (mm)	Cable resistance (Ω/100m)	Ambient temp. (°C)	Number of cables	Containment width (mm)	Width to Height Ratio	Bundle reduction factor	Installation condition	Temp. increase of bundle (°C)	Total temp. (ambient + increase) (°C)	Attenuation factor (% pro °C)	Planned segment length (m)	Normalized electrical length at 20 °C (m)
PC1	Patch Cord at Patch Panel side	0.67	6.0	13.0	35	24	0	0.00	1.00	E/F: Ventilated	8.6	44	0.2	5.0	7.9
1	Cat5e/s (AWG24)	1.00	5.0	9.5	25	200	200	8.96	0.53	E/F: Ventilated	16.2	41	0.2	40.0	41.7
2	Cat5e/s (AWG24)	1.00	5.0	9.5	25	75	100	5.91	0.62	C: Open Tray, unperforated	11.4	36	0.2	30.0	31.0
3	Cat5e/s (AWG24)	1.00	5.0	9.5	25	24	50	4.52	0.69	B: Closed Trunking/Conduit	8.9	34	0.2	20.0	20.6
PC2	Patch Cord at TO side	0.67	6.0	13.0	30	1	0	0.00	1.00	E/F: Ventilated	1.4	31	0.2	5.0	7.7

Yellow fields can be modified

Planned PL length (m)	90.0
Planned Channel length (m)	100.0
Electrical Channel length @ 20°C (m)	108.8
Electrical Channel length reserve (m)	0.2

Tglobal (°C) 38.0
Allowed Channel length @ Tglobal (m) 100.3

Note: Specific values are based on R&Mfreenet cable assortment and formulas have been verified with it. No warranty can be made for other manufacturer's products.



Project Identification:

Recommended connectivity:

R&Mfreenet RJ45 Module:



Cat5e or Cat6



R&Mfreenet RJ45 Patchcord with IDC:



Cat5e



Planned by:



3.2.10 Längenbeschränkungen Netzwerk Installationskabel

Längenberechnungen für die verschiedenen Modelle einer UKV

Die folgende Tabelle dient dazu, die maximale Länge der fest installierten Kabel zu berechnen. Wichtig ist, dass die vom Planer oder Installateur berechnete Länge des fest installierten Kabels nie überschritten wird, auch nicht bei allfälligen Erweiterungen. Es ist darauf zu achten, dass bei allfälligen Wartungsarbeiten nicht andere Längen von Rangier-/Anschlusskabeln verwendet werden. Sonst kann nicht garantiert werden, dass die zuvor berechnete Übertragungsstrecke einwandfrei funktioniert. Wird ein optionaler Sammelpunkt (SP) und/oder ein Rangierfeld mit einbezogen, ist zwischen den folgenden Verkabelungsmodellen zu unterscheiden. Es sollte beachtet werden, dass beim NVP eine Abweichung von ~5% auftreten kann.

Segment	Minimum (m)	Maximum (m)
EV-SP	15	85
SP-TA	5	–
EV-TA (ohne SP)	15	90
Geräteanschlusskabel ^a	2	5
Rangierkabel	2	–
Geräteverbindungskabel ^b	2	5
alle Kabel	–	10

^a Wenn kein Sammelpunkt (SP) vorhanden ist, beträgt die minimale Länge des Geräteanschlusskabels 1 m

^b Wenn keine Rangierung vorhanden ist, beträgt die minimale Länge des Geräteverbindungskabels 1 m

UKV-Längen gemäss
ISO/IEC 11801-1

3. Vor der Installation

Gleichungen für horizontale LAN Übertragungsstrecken

Modell		Modellgleichungen	
	Klasse D Channel	Klasse E/E _A Channel	Klasse F/F _A Channel
2 Stecker	$H = 109 - F \cdot X$	$H = 107 - 3a - F \cdot X$	$H = 107 - 2a - F \cdot X$
3 Stecker	$H = 107 - F \cdot X$	$H = 106 - 3a - F \cdot X$	$H = 106 - 3a - F \cdot X$
3 Stecker SP	$H = 107 - F \cdot X - C \cdot Y$	$H = 106 - 3a - F \cdot X - C \cdot Y$	$H = 106 - 3a - F \cdot X - C \cdot Y$
4 Stecker	$H = 105 - F \cdot X - C \cdot Y$	$H = 105 - 3a - F \cdot X - C \cdot Y$	$H = 105 - 3a - F \cdot X - C \cdot Y$

* Diese Längen Kürzung ist notwendig, um eine Marge für unterschiedliche Dämpfungen bei hohen Frequenzen zu schaffen.

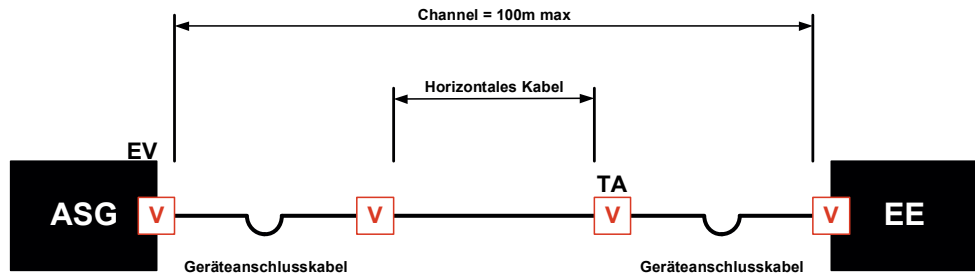
Gleichungen für horizontale Übertragungsstrecken (siehe auch Diagramme auf den nächsten Seiten)

- C** Länge des SP-Kabels (m) (SP = Sammelpunkt)
- F** kombinierte Länge der Rangier-/Anschlusskabel, Geräte-/Arbeitsplatzseite (m)
- H** maximale Länge der festen horizontalen Verkabelung (m)
- X** Kabeldämpfungsfaktor zwischen flexiblen Kabeln mit kleinerem Kupfer-Querschnitt und Installationskabel (UTP/STP = 1,5) und für thinLine Kabel (UTP/STP = 2,0)
- Y** Kabeldämpfungsfaktor zwischen flexiblen Kabel mit kleinerem Kupfer Querschnitt und Installationskabel (SP-Kabel UTP/STP = 1,5)
- L** Länge des LVP-Kabels (m)
- Z** grösste Länge des Gebäudeverteilungskabels (m)

Modelle für horizontale LAN Übertragungsstrecken

Modelle

Modell Durchverbindung-TA

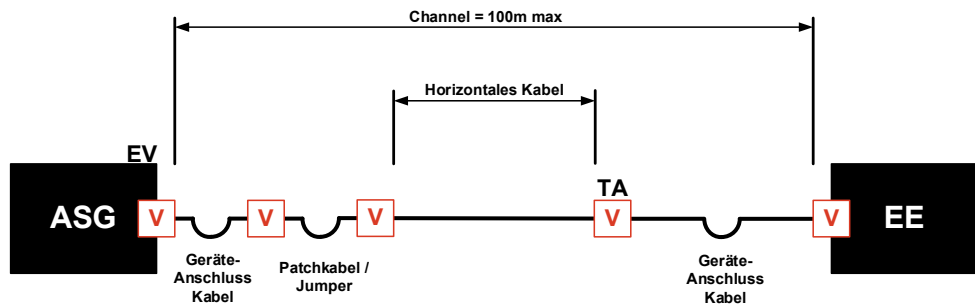


Modell Durchverbindung-TA

Modellgleichungen		
Klasse D Channel	Klasse E/E _A Channel	Klasse F/F _A Channel
$H = 109 - F \cdot X$	$H = 107 - 3^a - F \cdot X$	$H = 107 - 2^a - F \cdot X$

Gleichungen Durchverbindung-TA (siehe Tabelle «Gleichungen für horizontale Übertragungsstrecken»)

Modell Rangierung-TA



Modell Rangierung-TA

Modellgleichungen		
Klasse D Channel	Klasse E/E _A Channel	Klasse F/F _A Channel
$H = 107 - F \cdot X$	$H = 106 - 3^a - F \cdot X$	$H = 106 - 2^a - F \cdot X$

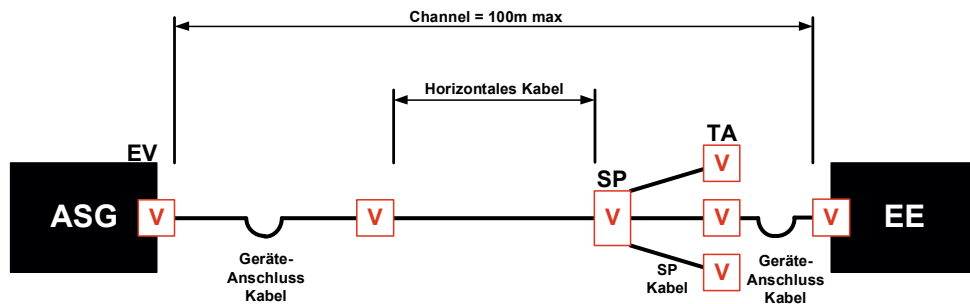
Gleichungen Rangierung-TA (siehe Tabelle «Gleichungen für horizontale Übertragungsstrecken»)

3. Vor der Installation

Hinweis

Wenn die Umgebungstemperatur bei Betrieb über 20°C liegt, muss H bei geschirmten Installationen um 0,2% pro °C gekürzt werden. Bei ungeschirmten Installationen beträgt dieser Faktor 0,4% für Temperaturen von 20°C bis 40°C und 0,6% für Temperaturen von 40°C bis 60°C.

Modell Durchverbindung-SP-TA



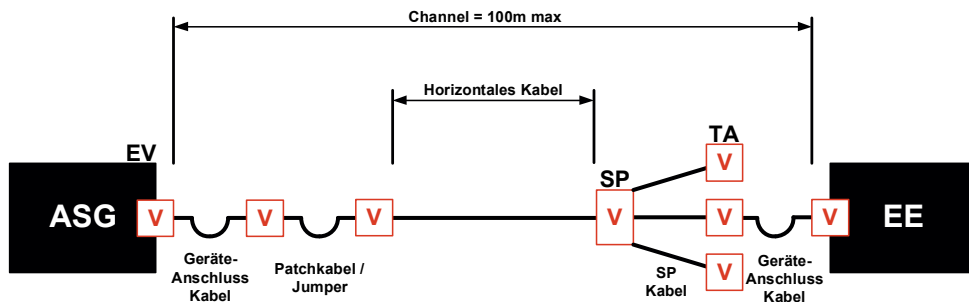
Modell Durchverbindung-SP-TA

Modellgleichungen

Klasse D Channel	Klasse E/E _A Channel	Klasse F/F _A Channel
$H = 107 - F \cdot X - C \cdot Y$	$H = 106 - 3^a - F \cdot X - C \cdot Y$	$H = 106 - 3^a - F \cdot X - C \cdot Y$

Gleichungen Durchverbindung-SP-TA (siehe Tabelle «Gleichungen für horizontale Übertragungsstrecken»)

Modell Rangierung-SP-TA



Modell Rangierung-SP-TA

Modellgleichungen		
Klasse D Channel	Klasse E/E _A Channel	Klasse F/F _A Channel
$H = 105 - F \cdot X - C \cdot Y$	$H = 105 - 3^a - F \cdot X - C \cdot Y$	$H = 105 - 3^a - F \cdot X - C \cdot Y$

Gleichungen Rangierung-SP-TA (siehe Tabelle «Gleichungen für horizontale Übertragungsstrecken»)

Einschränkungen gemäss Referenzmodell nach ISO11801-1

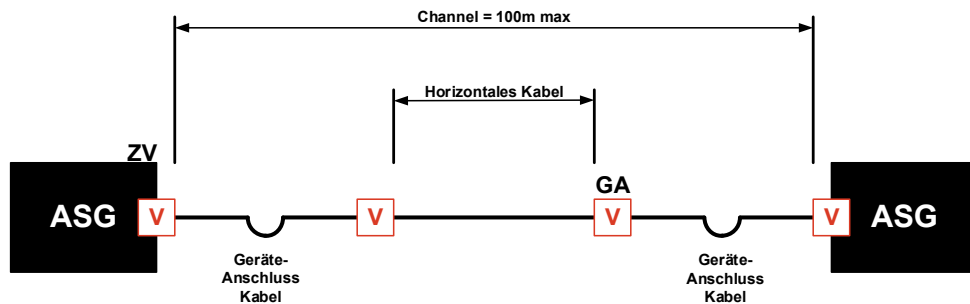
- Die physische Länge des fest installierten Permanent Link, also des Installationskabels (wenn kein SP-Kabel vorhanden), darf 90m nicht überschreiten.
- Die physische Länge des Channel darf 100m nicht überschreiten.
- Der Sammelpunkt (SP) muss mindestens 15 m vom Etagenverteiler entfernt sein.
- Das Kabel zwischen SP und TA muss mindestens 5 m lang sein.
- Wird ein Telekommunikations-Mehrfachanschluss verwendet, dürfen die Geräteanschlusskabel nicht länger als 20m sein.
- Rangier- und Anschlusskabel dürfen nicht länger als 5 m sein.

3. Vor der Installation

Modelle für Gebäudeverteilungs-Übertragungsstrecken in Rechenzentren

Modelle

Modell Durchverbindung-GA

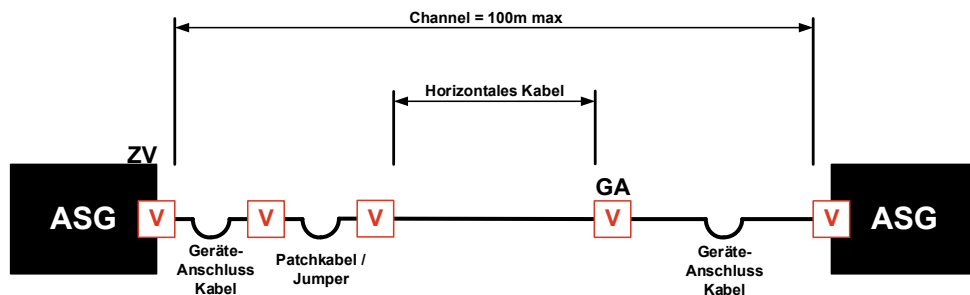


Modell Durchverbindung-GA

Modellgleichungen		
Klasse D Channel	Klasse E/E _A Channel	Klasse F/F _A Channel
$H = 109 - F \cdot X$	$H = 107 - 3^a - F \cdot X$	$H = 107 - 2^a - F \cdot X$

Gleichungen Durchverbindung-GA (siehe Tabelle «Gleichungen für horizontale Übertragungsstrecken»)

Modell Rangierung-GA

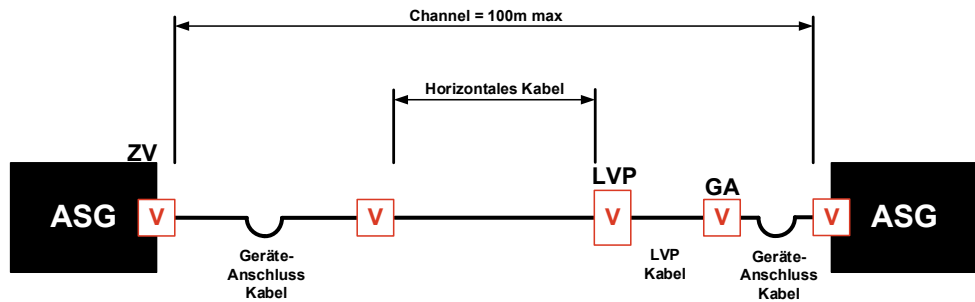


Modell Rangierung-GA

Modellgleichungen		
Klasse D Channel	Klasse E/E _A Channel	Klasse F/F _A Channel
$H = 107 - F \cdot X$	$H = 106 - 3^a - F \cdot X$	$H = 106 - 2^a - F \cdot X$

Gleichungen Rangierung-GA (siehe Tabelle «Gleichungen für horizontale Übertragungsstrecken»)

Modell Durchverbindung-LVP-GA

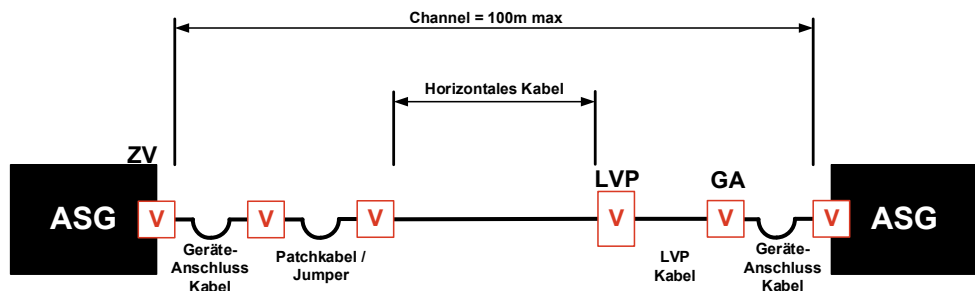


Modell Durchverbindung-LVP-GA

Modellgleichungen		
Klasse D Channel	Klasse E/E _A Channel	Klasse F/F _A Channel
$H = 107 - F \cdot X - C \cdot Y$	$H = 106 - 3^a - F \cdot X - C \cdot Y$	$H = 106 - 3^a - F \cdot X - C \cdot Y$

Gleichungen Durchverbindung-LVP-GA (siehe Tabelle «Gleichungen für horizontale Übertragungsstrecken»)

Modell Rangierung-LVP-GA



Modell Rangierung-LVP-GA

Modellgleichungen		
Klasse D Channel	Klasse E/E _A Channel	Klasse F/F _A Channel
$H = 105 - F \cdot X - C \cdot Y$	$H = 105 - 3^a - F \cdot X - C \cdot Y$	$H = 105 - 3^a - F \cdot X - C \cdot Y$

Gleichungen Rangierung-LVP-GA (siehe Tabelle «Gleichungen für horizontale Übertragungsstrecken»)

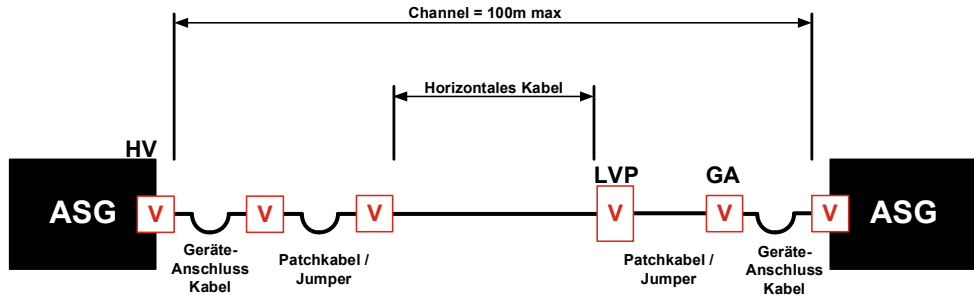
Einschränkungen gemäss Referenzmodell nach ISO11801-1

- Die physische Länge des Channel darf 100m nicht überschreiten.
- Die physische Länge des fest installierten Gebäudeverteilungskabels darf 90m nicht überschreiten. Je nach der Länge der verwendeten LVP-, Anschluss- und Rangierkabel sowie der Anzahl der Verbindungen kann die maximale Länge auch geringer sein.

3. Vor der Installation

Modelle für Hauptverteilungs-Übertragungsstrecken in Rechenzentren

Modell Hauptverteilungs-Übertragungsstrecke



Modell Hauptverteilungs-Übertragungsstrecke

Modellgleichungen			
Klasse D Channel	Klasse E/E _A Channel	Klasse F/F _A Channel	Klasse I/II Channel
$H = 105 - F \cdot X - C \cdot Y$	$H = 105 - 3^a - F \cdot X - C \cdot Y$	$H = 105 - 3^a - F \cdot X - C \cdot Y$	$H = 35 - 3^a - F \cdot X - C \cdot Y$

Gleichungen Hauptverteilungs-Übertragungsstrecke (siehe Tabelle «Gleichungen für horizontale Übertragungsstrecken»)

Einschränkungen gemäss Referenzmodell nach ISO 11801-1

- Die physische Länge des Channel darf 100m nicht überschreiten.
- Die physische Länge des fest installierten Hauptverteilungskabels darf 90m nicht überschreiten.
Je nach der Länge der verwendeten Anschluss- und Rangierkabel sowie der Anzahl der Verbindungen kann die maximale Länge auch geringer sein.

Berechnungsbeispiele für eine fest installierte Verkabelungsstrecke

1) Geschirmte Kat. 5e-Installation (STP) bei Normaltemperatur

$$H = 109 - FX \Rightarrow 109 \text{ m} - (5 \text{ m} + 5 \text{ m}) \times 1.5 = 94 \text{ m}$$

Die maximal zulässige feste Verkabelungsstrecke wäre theoretisch 94m, muss aber auf normgerechte 90m reduziert werden.

2) Ungeschirmte Kat. 6-Installation (UTP) bei 35°C Umgebungstemperatur

$$H = 106 - 3^a - FX - CY \Rightarrow 106 \text{ m} - 3 \text{ m} - (5 \text{ m} + 5 \text{ m}) \times 1.5 - (15 \text{ m} \times 1.5) = 65.5 \text{ m}$$

$$35^\circ\text{C} - 20^\circ\text{C} = 15^\circ\text{C} \Rightarrow 15 \times 0.4\% = 6\% \Rightarrow 65.5 \text{ m} / (1.06) = 62 \text{ m} (61.8 \text{ m})$$

Für dieses Projekt ist eine maximale Länge von 69 m fester Verkabelung erlaubt, mit maximal 15 m SP-Kabel und einer Anschlusskabelänge von maximal 5 m.

3.2.11 Ausserhalb der Längenvorgaben

Dieses Kapitel umfasst den Einsatz von R&Mfreenet Produkten für Konfigurationen welche nicht in den Normen beschrieben sind. Einige Modelle und Längen für die Installationen sind nicht in den Normen verfasst aber mit R&Mfreenet erfüllbar.

Längeneinschränkungen bei Installationskabeln AWG26

In allen strukturierten Verkabelungen können AWG-26-Installationskabel verwendet werden. Heute werden diese Kabel hauptsächlich in Datenzentren verbaut.

R&M System		Kat. 6		Kat. 6 geschirmt		Kat. 6 _A	
Topologie	AWG	PL	CH	PL	CH	PL	CH
Klasse E	26	55 m	65 m	55 m	65 m	55 m	65 m
Klasse EA	26				65 m	55 m	65 m

maximale horizontale Länge, R&Mfreenet mit AWG26

- PL: Permanent Link
- CH: Channel
- AWG: American Wire Gauge–Kodierung für Drahtdurchmesser mit Vollader- oder Litzenkabel

Das AWG-26-Installationskabel spart gegenüber einem AWG-23-Installationskabel 25 % bis 30 % Platz und Gewicht ein. Diese Ersparnis wird mit einer Längeneinschränkung für Permanent Link und Channel von 55 m bzw. 65 m erkaufte.

3. Vor der Installation

Überlängen für IEEE

Die Philosophie der Verkabelungsnormen ist es Richtlinien für allgemeine Anlagen und Übertragungstechnologien zu bestimmen. Allerdings gibt es Installationsanforderungen die manchmal aus dem Anwendungsbereich der Norm fallen. Eine dieser Situationen ist, wenn ein Gerät über eine Länge von mehr als 100m mit dem Netzwerk verbunden werden muss.

Es besteht die Möglichkeit, die IEEE Anwendungsparameter zu verwenden. Die folgende Tabelle gibt einen Überblick, ob eine Verbindungslänge mit dem R&Mfreenet System eine bestimmte Anwendung noch unterstützt.

Effektive Übertragungslänge*	AWG 23	AWG 22	Loomed AWG 23
1000 Base-T	$H = 115 - F \cdot X - C \cdot Y$	$H = 120 - F \cdot X - C \cdot Y$	$H = 110 - F \cdot X - C \cdot Y$
10GBase-T	$H = 112 - F \cdot X - C \cdot Y$	$H = 115 - F \cdot X - C \cdot Y$	$H = 106 - F \cdot X - C \cdot Y$
Klasse E	$H = 111 - F \cdot X - C \cdot Y$	$H = 115 - F \cdot X - C \cdot Y$	$H = 105 - F \cdot X - C \cdot Y$
Klasse E _A	$H = 110 - F \cdot X - C \cdot Y$	$H = 115 - F \cdot X - C \cdot Y$	$H = 104 - F \cdot X - C \cdot Y$

*Dies sind die effektiven Kabellängen, fest installierte Kabel mit 10m Rangierkabel, basierend auf einem 2 Stecker Modell. Die elektrische Länge wird zwischen 1.75% (Paar 1,2) und 5% (Paar3,6) für AWG22, +/- 1% länger für AWG23 und +/- 6.88% für AWG23 Loomed.

IEEE erweiterte Übertragungsstrecken (siehe Tabelle [«Gleichungen für horizontale Übertragungsstrecken»](#))

Das R&Mfreenet Produktportfolio umfasst spezielle Kabel für diese Überlängen:
R823885 R&Mfreenet S/FTP Klasse EA 105m LSFRZH AWG22 erreicht folgende Distanzen:

Effektive Übertragungslänge*	R823885
Klasse E _A	$H = 120 - F \cdot X - C \cdot Y$

R&Mfreenet IEEE maximum horizontal length for custom Kabel (siehe Tabelle [«Gleichungen für horizontale Übertragungsstrecken»](#))

Kurze Längen bei Kat. 6_A System

Bei der neuen Ausgabe der Norm ISO/IEC 11801-1 gingen die Experten von Mindest- und Höchstlängen aus, um die Mindestleistung der Komponenten zu berechnen. Das R&Mfreenet-System unterstützt kürzere Permanent Links und Channels.

Die folgende Tabelle ist unabhängig vom R&M-Kabeltyp. Sie gilt also für alle U/UTP-, U/FTP-, F/UTP- und S/FTP-Kabel von R&M.

R&Mfreenet Kat. 6 _A ISO Module	Fest installierte Verkabelung	SP-Kabel	Rangierung	Geräteanschluss-/ Geräteverbindungs- kabel
2 Stecker PL 2 m	2 m	Nicht vorhanden	Nicht vorhanden	Nicht vorhanden
3 Stecker PL 4 m	2 m	2 m	Nicht vorhanden	Nicht vorhanden
3 Stecker CH 6 m	2 m	2 m	Nicht vorhanden	2*1 m
4 Stecker CH 7 m	2 m	2 m	1 m	2*1 m

Minimale horizontale Länge, R&Mfreenet Kat. 6_A ISO

R&Mfreenet Kat. 6 _A ISO Module	Fest installierte Verkabelung	SP-Kabel	Rangierung	Geräteanschluss-/ Geräteverbindungs- kabel
2 Stecker PL 5 m	5 m	Nicht vorhanden	Nicht vorhanden	Nicht vorhanden
3 Stecker PL 15 m	10 m	5 m	Nicht vorhanden	Nicht vorhanden
3 Stecker CH 14 m	5 m	5 m	Nicht vorhanden	2*2 m
4 Stecker CH 19 m	5 m	5 m	5 m	2*2 m

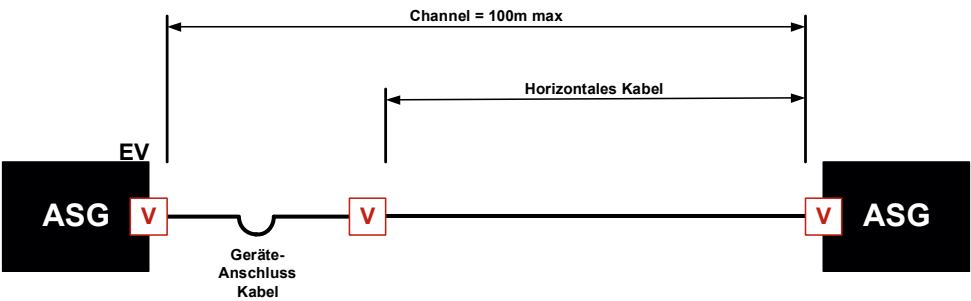
Minimale horizontale Länge, R&Mfreenet Kat. 6_A EL

3. Vor der Installation

Andere Verbindungsmodelle

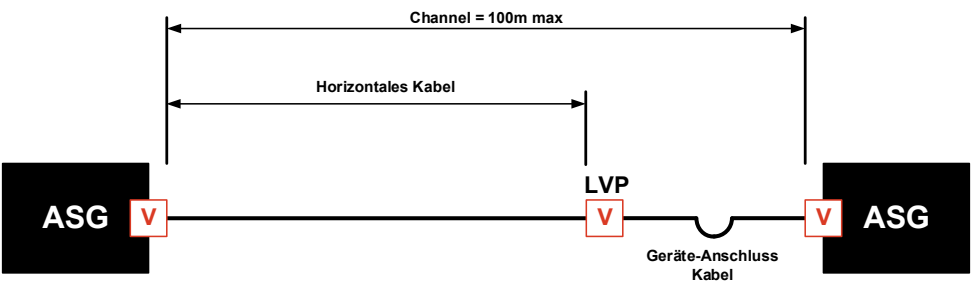
Ein-Stecker-Verbindungsmodell (Modular Plug Terminated Link – MPTL)

Bei CATV oder Sicherheitsanlagen kann es notwendig sein, dass das Installationskabel direkt mit dem Gerät verbunden wird. In dieser Konfiguration wird nur ein Modul am Rangierfeld und ein Stecker an der Geräteseite verwendet, z.B. der FM45.



Ein-Stecker-Verbindungsmodell

Ein weiteres Beispiel im RZ ist, wenn der Server direkt mit einem Rangierfeld im LVP Schrank verbunden wird.



Ein-Stecker-Verbindungsmodell mit LVP

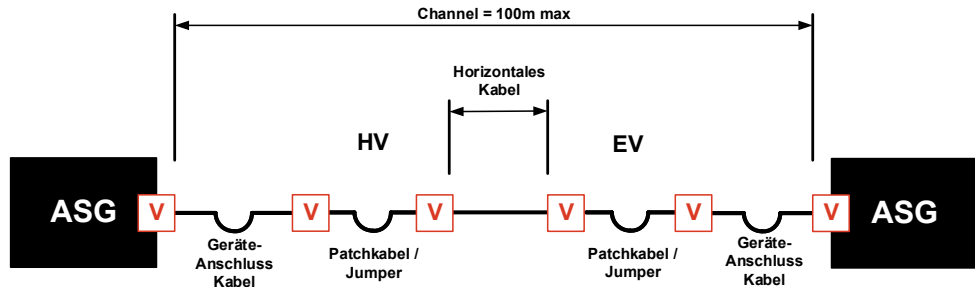
Modellgleichungen	
Klasse D Channel Kat. 5e Komponenten	Klasse E/E _A Channel Kat. 6/Kat. 6 _A
$H = 109 - F \cdot X$	$H = 107 - 3^a - F \cdot X$

Gleichungen Ein Steckerverbindung (siehe Tabelle [«Gleichungen für horizontale Übertragungsstrecken»](#))

3. Vor der Installation

Rangierung-Durchverbindung-Rangierung

Hier wird z.B. der Server mittels eines Rangierfeldes im HV abgebildet und im BD werden die Geräte auch mit einem Rangierfeld dargestellt. Die Verbindung zwischen HV und BD ist mit einem fest installierten Kabel verbunden.



Rangier-Durch-Rangier Verbindungsmodell

Modellgleichungen		
Klasse D Channel	Klasse E/E _A Channel	Klasse F/F _A Channel
$H = 109 - F \cdot X$	$H = 107 - 3^a - F \cdot X$	$H = 107 - 2^a - F \cdot X$

Gleichungen RdR Verbindung (siehe Tabelle «Gleichungen für horizontale Übertragungsstrecken»)

Diese Konfiguration kann nur mit dem R&Mfreenet Kat. 6_A ISO Modul und einem Mindestabstand von 2m gewährleistet werden.

Applikations Link Längen

Diessind die Tabellen zu unseren Kabeltypen, die die ungefähre maximale Verbindungslänge in Bezug auf die verwendeten Anwendungen angeben. Diese Längen beruhen auf Berechnungen der Leistungswerte des R&M Kabelsortiments. Die Werte sind von vielen Faktoren wie Installationsqualität und Umgebungsbedingungen abhängig. Bei Überschreitung der normierten Leistungsgrenzen kann der Betrieb der Anwendung nicht garantiert werden.

Applikations- tests		Performance tests						
		Einfügedämpfung		Propagation delay (nS)	Schleifen- widerstand (o)	Delay skew (nS)	Länge (m)	Kommentare
		10MHz (dB)	100MHz (dB)					
Kabel	823885 SF/FTP AWG22 105m Kabel	10.7	34.9	913	24.56	15	212.7	001-R823885 ch
		9.9	32.8	869	21.94	15	202.3	002-R823885 pl
	306257 S/FTP AWG22	10.4	34.1	874	23.78	11	207	003-R306257 pl
		11.1	36.3	919	26.35	11	217.8	004-R306257 ch
	308247 U/FTP AWG23	12.1	39.5	915	31.08	2	213.5	005-R308247 ch
		11.3	37.3	870	28.3	2	203	006-R308247 pl
	35045 U/UTP AWG24 Cat 5	12.7	41.5	982	37.79	30	196.9	007-R35045 pl
		13.4	43.7	1027	40.63	30	206.2	008-R35045 ch
	845864 U/UTP AWG23 Cat 6	11.1	36.1	1034	30.61	50	203.5	009-R845864 pl
		11.8	38.3	1078	33.34	49	212.9	010-R845864 ch
	809796 U/UTP AWG24 Cat 6	11.8	39	980	33.05	36	189.6	011-R809797 pl
		12.5	41.2	1025	35.81	36	198.7	012-R809797 ch
	854448 U/UTP WARP AWG23 Cat 6 _A	10.7	34.8	1077	31.18	79	197.5	013-R854448 pl
		11.4	36.9	1121	33.91	78	215.8	014-R854448 ch

Applikations- tests		10Base-T		100Base-TX		1000Base-T				PoE Typ 2	
		IL @ 10 MHz	Max. PL	IL @ 100 MHz	Max. PL	IL @ 100 MHz	Delay	Delay Skew	Max. PL	Schleif- enwider- stand	Max. PL
		11.5		24		24	570	50		25	
Kabel	823885 SF/FTP awg22 105m Kabel	228.6	218.6	146.3	135.1	146.3	132.8	709.0	122.5	216.5	206.4
		235.0		148.0		148.0	132.7	674.3		230.5	
	306257 S/FTP AWG22	228.9	215.0	145.7	132.3	145.7	135.0	940.9	124.3	217.6	195.2
		225.6		144.0		144.0	135.1	990.0		206.6	
	308247 U/FTP AWG23	202.9	192.2	129.7	118.6	129.7	133.0	5337.5	118.6	171.7	159.4
		206.6		130.6		130.6	133.0	5075.0		179.3	
	35045 U/UTP AWG24 Cat 5	178.3	167.4	113.9	103.4	113.9	114.3	328.2	103.4	130.3	115.5
		177.0		113.2		113.2	114.4	343.7		126.9	
	845864 U/UTP AWG23 Cat 6	210.8	198.0	135.3	122.9	135.3	112.2	203.5	103.5	166.2	148.1
		207.5		133.4		133.4	112.6	217.2		159.6	
	809796 U/UTP AWG24 Cat 6	184.8	173.5	116.7	106.0	116.7	110.3	263.3	101.6	143.4	127.6
		182.8		115.7		115.7	110.5	276.0		138.7	
	854448 U/UTP WARP AWG23 Cat 6 _A	212.3	199.3	136.2	124.3	136.2	104.5	125.0	96.5	158.4	141.1
		217.7		140.4		140.4	109.7	138.3		159.1	

3. Vor der Installation

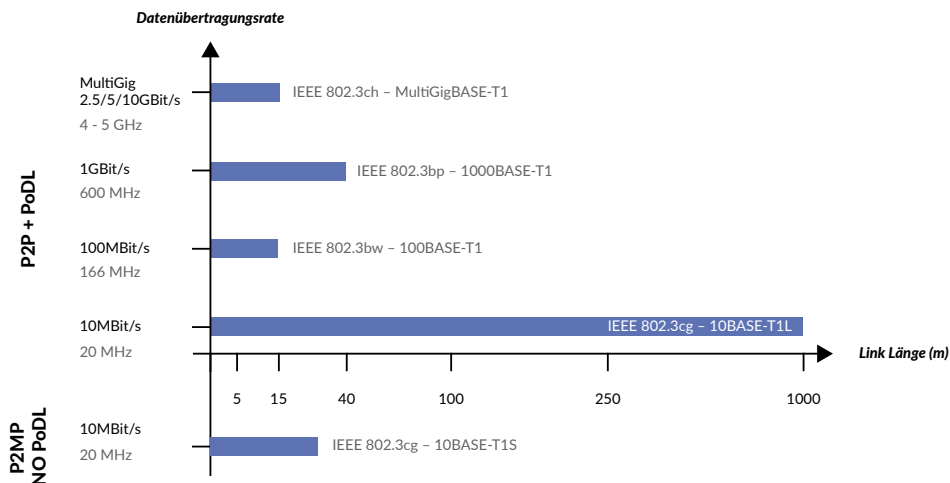
Single Pair Ethernet Anwendungen mit erweiterter Reichweite

Bis heute wurden 5 verschiedene SPE-Übertragungsprotokolle von IEEE definiert. Diese Protokolle haben jedoch unterschiedliche Spezifikationen und sind nicht miteinander kompatibel. 10Base-T1L und 10Base-T1S wurden speziell für die Industrie-, Prozess- und Gebäudeautomation entwickelt.

R&M hat seine SPE-Produkte entwickelt, um die Anforderungen von IEEE 802.3: 1000Base-T1, 100Base-T1 und 10Base-T1L abzudecken.

R&M folgt den Empfehlungen der ISO/IEC 11801 für Anwendungen in der Gebäudeautomation und wählt den Anschluss gemäss IEC 63171-1 als Verbindungstechnik. R&M setzt für seine SPE-Produktpalette auf robuste, bewährte Technologien. Seien es Drahtanschluss (IDC), Schirmkontakt / Zugentlastung oder industrietaugliche Signalkontakte: Die Designelemente werden seit Jahren und millionenfach erfolgreich in anderen Steckverbindern eingesetzt.

Mit dem R&M SPE System sind die Risiken für den Nutzer minimal und eine zuverlässige Verbindung ist sichergestellt.



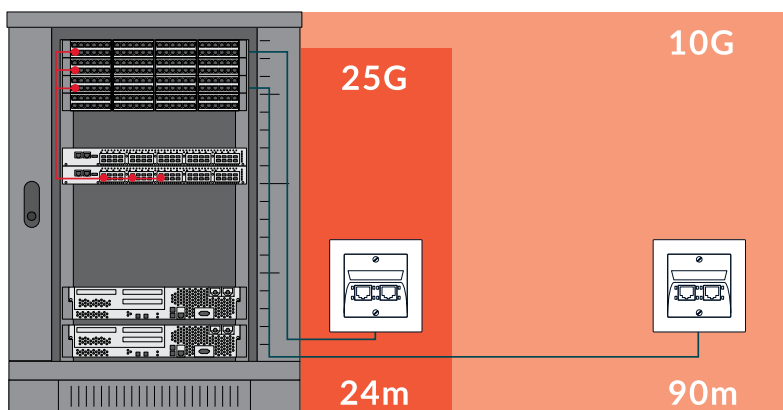
3.2.12 Messen der Klasse E_A gemäss ISO/IEC TR11801-9905

Die ISO TR11801-9905 spezifiziert die Anforderungen, die es einem Kategorie 6_A konformen System ermöglichen, die IEEE 25GBase-T-Anwendung zu unterstützen. Wir bei R&M erkennen diesen wichtigen Schritt und haben folgende Richtlinien zur Erfüllung der Anforderungen unter Verwendung von R&M-Komponenten erstellt und bieten auch eine Garantie, die solche Systeme der nächsten Generation anerkennt.



Unter Befolgung der Standard Installationsprotokolle und Einhaltung der in ISO TR11801- 9905 zitierten Längenbeschränkungen kann ein System, das aus speziell anerkannten R&M-Komponenten besteht, mit dem einzigartigen «25G ready» ausgezeichnet werden. Garantiezulassung zusammen mit der regulären Garantie nach ISO 11801 Klasse E_A.

- Aufrüstung Klasse E_A Installation
- Längenabhängige Geschwindigkeit
- Kombination: Cat.6_A /s Modul und Kat.7_A S/FTP Kabel benötigt
- Gem. ISO/IEC TR11801-9905
- R&Mfreenet Systemgarantie
- Zukunftssichere Klasse E_A Links für kommende Generation von WAP und DAS



Längenrestriktionen «25G ready»

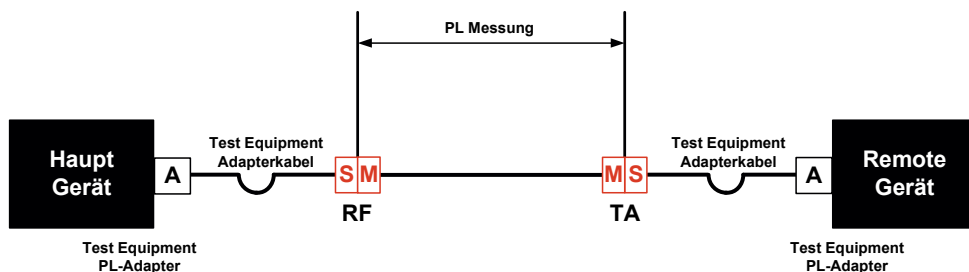
3. Vor der Installation

Verifizierungsprozedur für «25G ready»

Nur gültig für Produkte die mit dem «25G ready» Symbol markiert sind.

Schritt 1:

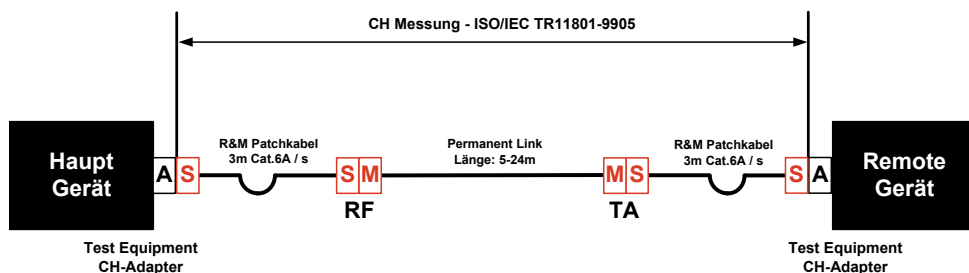
Permanent Link gemessen nach ISO/IEC 11801 Klasse E_A



Beispiel Prüfstrecke für PL

Schritt 2 für Links 5 - 24 m:

Channel Messung nach ISO/IEC TR11801-9905



Beispiel Prüfstrecke für 25G

Für die Verifizierung eines «25G ready»-Systems dürfen nur Produkte verwendet werden, die mit «25G ready» gekennzeichnet sind. Zuerst muss das System den Systemtest nach ISO 11801 Klasse E_A bestehen, dann kann eine Channelmessung nach ISO/IEC TR11801-9905 durchgeführt werden. (Bitte prüfen Sie, ob das Testgerät die Möglichkeit hat diese spezifische Anwendung zu testen).

Dieser Channelltest muss mit dem spezifizierten R&M-Mess-Rangierkabel durchgeführt werden.

Kategorie 8

Die neuesten Testverfahren, die für R&M Klasse I / Kategorie 8.1 Systeme empfohlen werden, entnehmen Sie bitte unseren Informationen unter www.rdm.com

3.3 Lichtwellenleiter-Verkabelung

3.3.1 LWL Normen

Die Norm beschreibt den Unterschied zwischen Channel und Link Übertragung. Dies hat aber keinen Einfluss auf die Berechnung der Channel-Dämpfung, spielt jedoch eine Rolle für die Bestimmung der Messgrenzwerte und der Testprozedur.

In diesem Kapitel besprechen wir die richtige Berechnung für die Planung von LWL Verkabelungen. Im Kapitel Messen werden die detaillierten Testkriterien und richtigen Berechnungen für die Bestimmung der Messgrenzwerte erklärt.

LWL – Spezifische Normen

Die entsprechenden Anwendungsmöglichkeiten sind aus der ISO/IEC 11801-1 und in der untenstehenden Tabelle aufgeführt. Sofern nicht anders angegeben, wird vorausgesetzt, dass in den einzelnen Channels einer Installation nur Fasern mit identischen Spezifikationen verwendet werden.

IEEE Applikationsunterstützung MMF			
Applikation	Wellenlänge (nm)	Max. Dämpfung (dB)	Max. Länge (m)
10Base-FL&FB	850	6.80	1514
100Base-FX	1300	6.00	2000
1000Base-SX	850	3.56	550
1000Base-LX	1300	2.35	550
10GBase-LX4	1300	2.00	300
10GBase-LRM	1300	1.90	220
10GBase-SR	850 OM3[OM4]	2.60[2.90]	300[400]
40GBase-SR4	850 OM3[OM4]	1.90[1.50]	100[150]
100GBase-SR4	850 OM3[OM4]	1.80[1.90]	70[100]
100GBase-SR10	850 OM3[OM4]	1.90[1.50]	100[150]
1 Gbit/s FC	850 OM3	2.62	500
2 Gbit/s FC	850 OM3	3.31	300
4 Gbit/s FC	850 OM3[OM4]	2.88[2.95]	380[400]
8 Gbit/s FC	850 OM3[OM4]	2.04[2.19]	150[190]
16 Gbit/s FC	850 OM3[OM4]	1.86[1.95]	100[125]
32 Gbit/s FC	850 OM3[OM4]	1.75[1.86]	70[100]

IEEE Applikationsunterstützung MMF (ISO/IEC 11801-1)

3. Vor der Installation

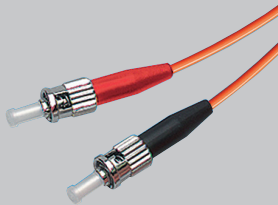
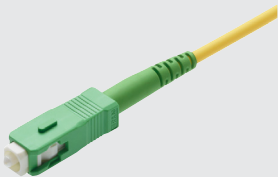

IEEE Applikationsunterstützung SMF			
Applikation	Wellenlänge (nm)	Max. Dämpfung (dB)	Max. Länge (m)
1000Base-LX	1310	4.56	2000
10GBase-LX4	1310	6.20	2000
10GBase-ER	1310/1550	10.90	2000
10GBase-LR	1310	6.20	2000
40GBase-LR4	1310	6.70	2000
40GBase-FR	1310/1550	4.00	2000
100GBase-LR4	1310	6.30	2000
100GBase-ER4	1310/1550	18.00	2000
1 Gbit/s FC	1310	7.80	2000
2 Gbit/s FC	1310	7.80	2000
4 Gbit/s FC	1310	4.80	2000
8 Gbit/s FC	1310	6.40	2000
16 Gbit/s FC	1500	6.40	2000
32 Gbit/s FC	1310	6.40	2000

IEEE Applikationsunterstützung SMF (ISO/IEC 11801-1)

LWL – Spezifische Normen

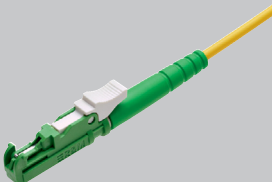
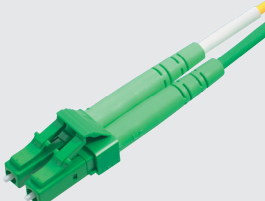
Im Gegensatz zu ihren elektromechanischen Pendants wird bei Glasfaser-Steckverbindern nicht zwischen Stecker und Buchse unterschieden. Glasfaser-Stecker enthalten eine Ferrule zur Aufnahme und genauen Positionierung des Faserendes und werden über eine Kupplung mit Führungshülse (Sleeve) miteinander verbunden. Eine komplette Steckverbindung besteht aus der Kombination Stecker/Kupplung/Stecker. Die beiden Ferrulen mit den Faserenden müssen im Inneren der Steckverbindung so präzise aufeinandertreffen, dass möglichst wenig Lichtenergie verloren geht oder zurückgestreut (reflektiert) wird. Entscheidend hierfür ist die geometrische Ausrichtung und Bearbeitung der Faser im Stecker.

Kerndurchmesser von 9 µm für Singlemode- beziehungsweise 50/62,5 µm für Multimode-Fasern und Ferrulen mit 2,5 mm oder 1,25 mm Durchmesser machen eine Sichtprüfung des Steckerzustands ohne Hilfsmittel unmöglich. Natürlich kann man vor Ort sofort feststellen, ob ein Stecker korrekt einrastet und verriegelt. Bei allen anderen Eigenschaften – den «inneren Werten» – wie zum Beispiel Dämpfung, Rückflussdämpfung oder mechanische Belastbarkeit müssen sich Anwender auf die Herstellerangaben verlassen können.

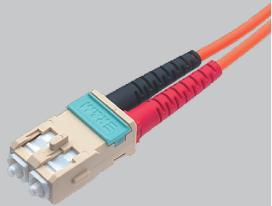
Stecker	Typ	Norm	Info
	ST 2.5 mm MMF, MF PC	IEC 61754-2	Diese Stecker mit Bajonettverschluss waren die ersten PC Stecker (1996). Aufgrund dessen und dank dem sehr robusten Design sind sie nach wie vor weltweit in LAN-Netzen (überwiegend Industrie) zu finden. ST ist die Bezeichnung für «Straight» (gerader) Typ.
	SC 2.5 mm MMF, SMF PC, APC	IEC 61754-4	Für Neuinstallationen wird dieser Steckertyp mit quadratischem Design und Push/Pull-System empfohlen (SC steht für Square Connector oder Subscriber Connector). Durch sein kompaktes Design ermöglicht der SC eine hohe Packungsdichte. Er kann zu Duplex- und Mehrfachverbindungen kombiniert werden. Obwohl unter den ältesten Verbindern, gewinnt der SC durch seine hervorragenden Eigenschaften weiter an Bedeutung. Bis heute ist er aufgrund der guten optischen Eigenschaften der wichtigste WAN-Verbinder weltweit. SC ist auch als Duplexversion weit verbreitet, vor allem im LAN Bereich.
	MPO MMF, SMF PC, APC	IEC 61754-7	Der MPO (multipath push-on, auch Multiple-Fiber Push-On) basiert auf einer Kunststoff-Ferrule, um bis zu 24 Fasern in einem Verbinder unterbringen zu können. Mittlerweile sind bereits Verbinder mit bis zu 72 Fasern in der Entwicklung. Der Verbinder besticht durch sein kompaktes Design und die einfache Handhabung, hat aber Nachteile in der optischen Performance und Zuverlässigkeit.

FO connector types - part 1

3. Vor der Installation


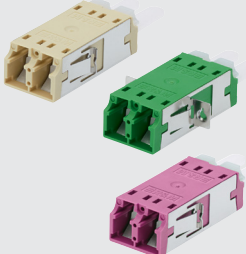
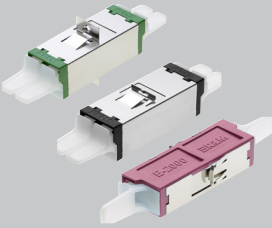
Stecker	Typ	Norm	Info
	E2000TM, LSH 2.5 mm MMF, SMF PC, APC	IEC 61754-15	Bei diesem Stecker handelt es sich um eine Entwicklung von Diamond SA, die sich an LAN- und CATV-Anwendungen orientiert. Er wird von drei lizenzierten Herstellern in der Schweiz gefertigt, was auch zum unerreicht hohen Qualitätsstandard geführt hat. Die integrierte Schutzklappe schützt vor Staub und Kratzern, aber auch vor Laserstrahlen. Der Stecker wird über Raster und Hebel verriegelt, welche farblich und mechanisch codiert werden können. Es ist der erste Verbinder, der Grade A* Performance erreicht hat.
	LC 1.25 mm MMF, SMF PC, APC	IEC 61754-20	Der Stecker gehört zu einer neuen Generation von Kompaktsteckern. Er wurde von der Firma Lucent entwickelt (LC steht für Lucent Connector). Sein Aufbau basiert auf einer Ferrule von 1.25mm Durchmesser. Die Duplex-Kupplung entspricht der Grösse einer SC Kupplung (SC-Footprint). Dadurch können sehr hohe Packungsdichten erreicht werden, was den Verbinder z.B. für die Anwendung in Datacentern attraktiv macht. Die optische und mechanische Performance liegt unter dem Niveau eines SC-RJ oder E-2000™.

FO connector types – part 2

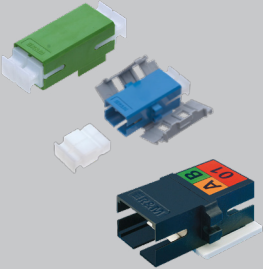
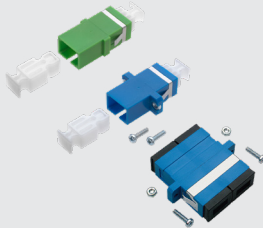
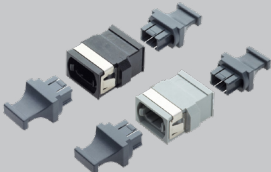
Stecker	Typ	Norm	Info
	SC-RJ 2.5 mm MMF, SMF PC, APC	IEC 61754-24	<p>Wie der Name bereits verrät, orientierten sich die Entwickler bei R&M am RJ45-Format. Zwei SC bilden eine Einheit in der Baugrösse eines RJ45. Dies entspricht dem SFF (Small Form Factor). Verwendet wird die 2.5mm Ferrulen-Sleeve-Technologie. Sie ist im Vergleich zur 1.25mm Ferrule robuster und zuverlässiger. So besticht der SC-RJ nicht nur durch das kompakte Design, sondern auch durch die optische und mechanische Performance. Es ist ein Alleskönner – einsetzbar von Grade A* bis M, von Singlemode bis POF, von WAN bis LAN, von Labor bis Outdoor. Für letztere Anwendung bietet sich die IP67-Version des SC-RJ an. R&M hat ein Weiss Paper zum SC-RJ (»SC-RJ – sicher in allen Klassen«) veröffentlicht.</p>

FO connector types – part 3

3. Vor der Installation

Adapter	Typ	Norm	Info
	ST 2.5mm MMF, SMF PC	IEC 61754-2	Diese Kupplungen mit Bajonettverschluss waren die ersten PC Stecker (1996). Aufgrund dessen und dank dem sehr robusten Design sind sie nach wie vor weltweit in LAN-Netzen (überwiegend Industrie) zu finden. ST ist die Bezeichnung für «Straight» (gerader) Typ.
	LC 1.25mm MMF, SMF PC, APC flanschlos, schraubbar	IEC 61754-20	Die LC Kupplung gehört zu der neueren Generation von kompakten Verbindern und wurde von der Firma Lucent (LC steht für Lucent Connector) entwickelt. Der Aufbau basiert auf einer 1.25mm Durchmesser Ferrule. Die Aussenmasse dieser Duplexkupplung sind gleich wie bei einer SC Kupplung und ermöglicht damit hohe Packungsdichten. Heute ist es eigentlich der Standardverbinder auf dem Markt und wird von den meisten Herstellern von Aktivkomponenten verwendet. Die optische und mechanische Performance ist unter einem SC oder einem E2000™.
	E2000™ Compact E2000™ 2.5mm MMF, SMF PC, APC flanschlos, schraubbar	IEC 61754-15	Diese Kupplung ist eine Entwicklung der Firma Diamond. Momentan wird der Stecker und die Kupplung von 3 Firmen in der Schweiz in Lizenz produziert, was die unvergleichbare Qualitätsstandart sichert. Der Verbinder enthält eine integrierte Metallblende die vor Verschmutzung und Laseraustritt schützt. Ausserdem ist eine mechanische Verriegelung vorhanden die sich mit einer Farbcodierung noch erweitern lässt. Die optische und mechanische Performance ist überdurchschnittlich gut.

Fiber adapter types – part 1

Adapter	Typ	Norm	Info
	SC-RJ 2.5mm MMF, SMF PC, APC flanschlos, schraubbar	IEC 61754-24	Wie der Name schon verrät haben sich die Entwickler bei R&M am RJ45 orientiert. Zwei SC formen eine Einheit im RJ45 Format. Die auf 2.5mm Ferrulen ausgelegte Technologie ist robuster und zuverlässiger als bei 1.25mm Modellen. Der SC-RJ überzeugt nicht nur durch sein kompaktes Design, sondern hat auch gute mechanische und optische Performance. Es ist ein Allrounder – brauchbar von Grade A zu M, Singlemode zu POF, WAN zu LAN, Labor bishin zu Outdooranwendungen. Für Letztere, ist die IP67 Version des SC-RJ empfohlen. R&M hat bezüglich des SC-RJ ein Weispaper veröffentlicht ("SC-RJ – Reliability for every Category").
	SC Simplex, Duplex 2.5mm MMF, SMF PC, APC flanschlos, schraubbar	IEC 61754-4	Die SC Kupplung (SC steht für Square Connector oder Subscriber Connector) ist eine der ältesten LWL Verbinder auf dem Markt. Für 2.5mm Ferrulen ausgelegt, einfacher Handhabung und sehr guten mechanischen und optischen Eigenschaften immer noch ein sehr gefragter Verbindungstyp. Es sind duplex und multiplex Verbindungen realisierbar und ist der weltweit meistverbreitete Verbindungstyp im WAN Bereich.
	MPO MMF, SMF PC, APC flanschlos, schwarz & grau	IEC 61754-7	Der MPO (Multifiber Push On) Verbinder ist ein simples Verbindungsstück das 2 MPO Stecker direkt miteinander verbindet ohne Sleeves. Der Verbinder ist unverwechselbar durch sein kompaktes Design und seine einfache Handhabung, was sich jedoch etwas negativ auf die optische Performance und Zuverlässigkeit auswirkt.

Fiber adapter types – part 2

3. Vor der Installation

Die Norm IEC 61753-1 beschreibt anwendungsorientierte Güteklassen (Grades) für Verbindungselemente in Glasfasernetzen (Tabelle unten). Die eindeutige Bestimmung nach Grades und die von IEC vorausgesetzte Prüfmethode helfen Planern und Netzwerkverantwortlichen bei der bedarfsgerechten Auswahl von Steckverbindern, Rangierkabeln und Pigtails. Rechenzentren und Telekommunikationsunternehmen können das Fiber Optic-Sortiment anwendungsspezifisch bestimmen und ihre Einkaufsentscheidungen schneller und gezielter treffen. Und sie vermeiden den Kauf überspezifizierter Produkte, die im Betrieb unter Umständen gar nicht die erwarteten Dämpfungs-

werte liefern. Der heutige Anforderungskatalog basiert einerseits auf der IEC 61753-1. Diese Norm definiert Dämpfungswerte. Andererseits sind die Normen IEC 61755-3-1 und IEC 61755-3-2 mit im Spiel. Sie definieren geometrische Parameter von Glasfaser-Steckverbindern. Das Zusammenwirken dieser drei Standards schafft die Grundlage für die Kompatibilität von Glasfaser-Steckverbindern verschiedener Hersteller und für die Festlegung herstellernerneutraler Dämpfungswerte.

Performance gemäss IEC 61753-1 (IL)			
Verbindungstyp	Dämpfung (IL) typischer Wert	Dämpfung (IL) 97%	
Singlemode			
Grade A*	≤ 0.07 dB	≤ 0.15 dB	
Grade B	≤ 0.12 dB	≤ 0.25 dB	
Grade C	≤ 0.25 dB	≤ 0.50 dB	
Grade D	≤ 0.50 dB	≤ 1 dB	

Verbindungstyp	Dämpfung (IL) typischer Wert	Dämpfung (IL) 95%	Dämpfung (IL) 100%
Multimode			
Grade Am*	≤ 0.10 dB	≤ 0.25 dB	≤ 0.50 dB
Grade Bm*	≤ 0.15 dB	≤ 0.15 dB	≤ 0.25 dB

IL Güteklassen gemäss IEC 61753-1

Grade-A* ist noch nicht endgültig spezifiziert in IEC 61753-1
Grade-Am*/Bm* ist noch nicht endgültig spezifiziert in IEC 61753-1

Performance gemäss IEC 61753-1 (RL)	
Verbindertyp	Rückflussdämpfung (RL)
Grade 1	≥ 60dB gesteckt ≥ 55dB gegen Luft
Grade 2	≥ 45dB
Grade 3	≥ 35dB
Grade 4	≥ 26dB
Grade 5	≥ 20dB

Übersicht über die Performance-Kriterien der neuen Leistungsklassen für die Datenübertragung in Glasfaserverbindungen nach IEC 61753.

RL Güteklassen gemäss IEC 61753-1

Theoretisch lassen sich die IL Grades (A* bis D) beliebig mit den RL Grades mischen. Allerdings ist ein Grade A*/4 wenig sinnvoll, weshalb sich folgende gängige Kombinationen etabliert haben:

	Grade 1	Grade 2	Grade 3	Grade 4
Stecker Grade A	✓	✓	✗	✗
Stecker Grade B	✓	✓	✗	✗
Stecker Grade C	✓	✓	✗	✗
Stecker Grade D	✗	(✓)	✓	(✓)
Stecker Grade M	✗	✗	✗	✓

IL vs RL Güteklassen

Stecker und Mittelstücke (Kupplungen) sind farbcodiert. Die Farbcodierung dient der Unterscheidung von Fasertypen und Schliffarten. MMF PC Stecker und Kupplungen sind im Allgemeinen beige, SMF PC Stecker und Kupplungen haben eine blaue Gehäusefarbe und alle APC Stecker und Kupplungen sind grün.

LWL Kabel Normen

Es gibt sechs spezifizierte Typen: OM1, OM2, OM3, OM4, OM5, OS2

ISO 11801-1 Werte	Multimode				Singlemode					
	OM3 & OM4		OM5		OS1a			OS2		
Wellenlänge	850	1300	850	1300	1310	1383	1550	1310	1383	1550
Kabeldämpfung (dB/km)	3.5	1.5	3.0	1.5	1.0	1.0	1.0	0.4	0.4	0.4

ISO11801-1 cable attenuation

3. Vor der Installation

R&Mfreenet Werte	Farbe	Kabeldämpfung dB/km		MMF Überfüllte Einfüge Bandbreite MHz x KM	MMF Effektive Modale Bandbreite MHz x KM
Wellenlänge MMF Wellenlänge SMF		850 nm 1310 nm	1300 nm 1550 nm	850 nm 1300 nm 953 nm	850 nm 953 nm
OM3	Türkis	≤ 3.5	≤ 1.5	≥ 1500 ≥ 500	≥ 2000
OM4	Magenta	≤ 3.5	≤ 1.5	≥ 3500 ≥ 500	≥ 4700
OM5	Limet- tengrün	≤ 3.0	≤ 1.5	≥ 3500 ≥ 500 ≥ 1850	≥ 4700 ≥ 2470
OS2 G.652	Gelb	≤ 0.4	≤ 0.25		
OS2 G.657	Gelb	≤ 0.4	≤ 0.25		

R&Mfreenet Kabeldämpfung

Jeder dieser Fasertypen kann in einem Kabel mit unterschiedlichem Kabelaufbau eingesetzt werden. Der Aufbau wird durch die Bezeichnung nach DIN-VDE 0888 beschrieben. Der erste signifikante Unterschied ist die Verwendung im Innen- oder Aussenbereich bzw. bei Universalkabel für beide Bereiche. Darüber hinaus unterscheiden wir zwischen Bündelader-Mini-Breakout- und Breakout-Kabel. Beim Bündeladerkabel werden bis zu 24 Fasern (mit 250µ Primärschutz) in einem zentralen Röh-

ren geführt und mit Zugentlastung und Mantel umgeben. Bei grösserer Faseranzahl werden mehrere Röhren um ein zentrales Zugelement verseilt. Bei Mini-Breakoutkabel werden die Fasern (900µ Buffer) von Zugentlastungselementen und einem Mantel umgeben. Bei gewissen Installationen ist eine direkte Steckermontage möglich. Das Breakout-Kabel besteht aus einzelnen Simplex Kabel die sich unter einem gemeinsamen Mantel befinden. Auf diese Kabel können Stecker zugentlastet montiert werden. Auf der nächsten Seite wird das R&Mfreenet Installationskabel Portfolio aufgelistet.

Verwendung	Innenkabel		Innen-/ Aussenkabel		Aussenkabel				
Kabeltyp	Breakout	Mini-Breakout	Zentral Bündel- ader	Verseilte Bündel- ader	Zentral Bündel- ader	Verseilte Bündel- ader	Zentral Bündel- ader CST	Verseilte Bündel- ader CST	Verseilte Bündel- ader ADSS
Kabelbe- zeichnung nach DIN-VDE 0888	I-V(ZN) HH	I-V(ZN) BH	I/A- DQ(ZN) BH	I/A- DQ(ZN) BH	A- DQ(ZN) B2Y	A- DQ(ZN) B2Y	A- D(ZN) W2Y	A- DF(ZN) 2YW 2Y	A- DF(ZN) YQ(ZN) 2Y
Anzahl Fasern	8–24	4–24	4–24	12–144	4–24	12–144	6–24	12–96	12–96
Aussenman- tel	FireRes® LSZH	FireBur® LSZH	FireBur® LSZH	FireBur® LSZH	LLDPE	MDPE	MDPE	MDPE	HDPE
Mantelfarbe	Grün	Grün	Grün	Grün	Schwarz	Schwarz	Schwarz	Schwarz	Schwarz
Armierung	Aramid	Glassgarn	Glass- garn	Glassgarn	Glass- garn	Glassgarn	Stahlwell- mantel	Stahlwell- mantel	Aramid
Nagetier- schutz	-	+	+	+	++	++	+++	+++	-
Tertiäre Verkabelung	✓	✓							
Gebäude BB		✓	✓	✓					
Campus BB					✓	✓			
WAN							✓	✓	✓
Brüstungs- kanal	✓	✓							
Kanal, Prit- schen	✓	✓	✓	✓					
Steigzonen		✓	✓	✓					
Hohlboden		✓	✓	✓					
Lehrrohr	✓	✓	✓		✓				
Kanal, Rohr				✓	✓	✓	✓	✓	
Direkte Erdverlegung							✓	✓	
Einblasen					✓	✓	✓	✓	
Feldkonfek- tion	✓	✓							
Spleissen		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
VARIOline			✓		✓				

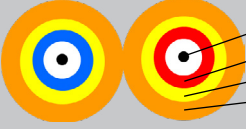
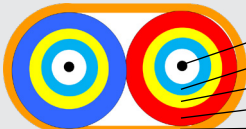
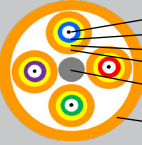
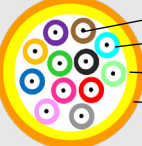
Fiber cable types

3. Vor der Installation

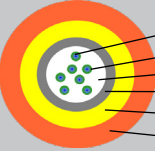
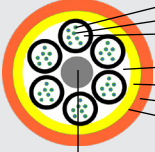
Glasfaserkabel Aufbau und Eigenschaften

Die Kabelbenennung ist je nach Hersteller unterschiedlich. Meistens weisen die Kabel jedoch einen Aufdruck auf, der beschreibt, wie viele Fasern und welchen Fasertyp das Kabel enthält.

- Singelmode-Indoorkabel sind Grün, Gelb oder Schwarz
- Multimode-Indoorkabel sind meistens gemäss der OM-Klasse gefärbt. OM3 Türkis, OM4 Magenta, OM5 Limettengrün
- Outdoor-Kabel sind meistens Schwarz, mit zwei orangen Markierungen auf dem Aussenmantel und relativ steif
- Beispiele für Aufgedruckte Kabelkennungen: 12x9/125, 12e9/125 OS2, 12x50 OM2, OM3, OM4, OM5
- Die erste Zahl beschreibt die Anzahl Fasern, die Zweite den Fasertyp, die dritte Kennung die Klasse

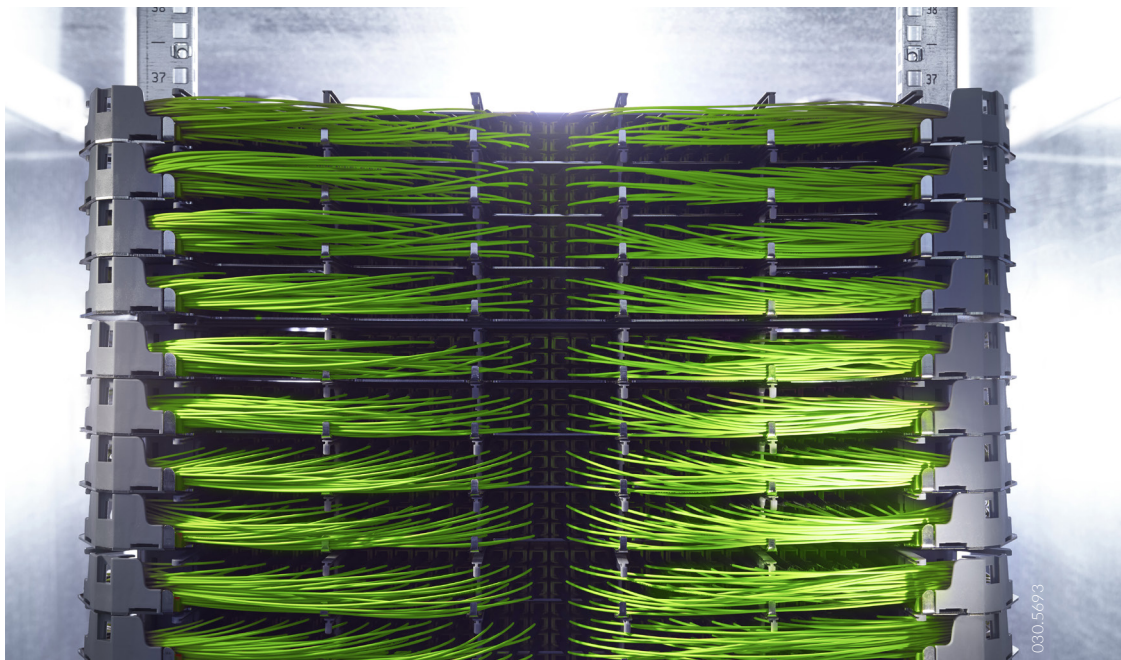
R&Mfreenet Lösung	Kabelaufbau
Duplex Kabel Figure 8	 <ol style="list-style-type: none"> 1. Faser 9, 50, 62,5 / 125μ 2. Cladding 250μm / Buffer 900μm 3. Zugentlastung (Aramid) 4. Kabelmantel
Duplex Kabel Figure 0	 <ol style="list-style-type: none"> 1. Faser 9, 50, 62,5 / 125μ 2. Cladding 250μm / Buffer 900μm 3. Zugentlastung (Aramid) 4. Kabelmantel 5. Zusätzlicher Aussenmantel
Breakout Kabel	 <ol style="list-style-type: none"> 1. Faser 9, 50, 62,5 / 125μ 2. Cladding 250μm / Buffer 900μm 3. Zugentlastung (Aramid) 4. Kabelmantel 5. Zentrales Zugelement 6. Kabelmantel
Mini Breakout & Mini Core Kabel	 <ol style="list-style-type: none"> 1. Faser 9, 50, 62,5 / 125μ 2. Cladding 250μm Buffer 900μm (bei Minibreakout) 3. Zugentlastung (Aramid) 4. Aussenmantel (Mini Corekabel auch mit doppeltem Aussenmantel erhältlich)

Glasfaser Kabelaufbau – Teil 1

R&Mfreenet Lösung	Kabelaufbau
Bündelader Kabel	 <ol style="list-style-type: none"> 1. Faser 9, 50, 62.5 / 125µ 2. Cladding 250µm 3. Gelfüllung 4. Bündelader 5. Nagetierschutz / Füllmaterial 6. Aussemantel
Verseiltes Bündelader Kabel	 <ol style="list-style-type: none"> 1. Faser 9, 50, 62.5 / 125µ 2. Cladding 250µm 3. Gelfüllung 4. Bündelader 5. Nagetierschutz / Füllmaterial 6. Aussemantel 7. Stahlarmierung (optional) 8. Zentrales Zügelement

Glasfaser Kabelaufbau – Teil 2

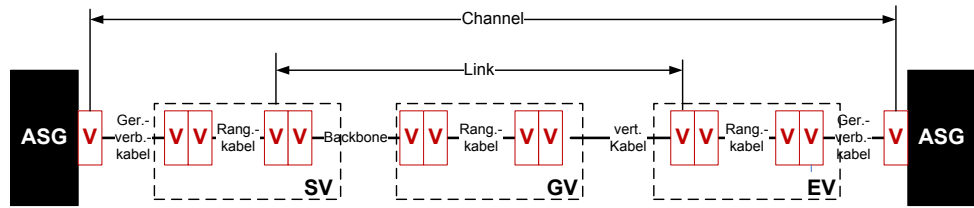
Es ist eine sehr grosse Vielfalt von Glasfaserkabeln auf dem Markt erhältlich, somit können wir hier nicht alle abbilden. Die am meisten verbreiteten Kabel sind jedoch oben abgebildet und decken die meisten Einsatzgebiete ab.



3. Vor der Installation

Berechnungsbeispiele für fest installierte LWL Verkabelungsstrecken

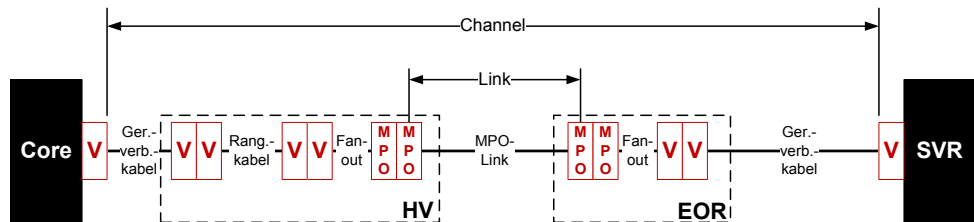
LAN Verkabelung



Berechnungsbeispiel LAN Verkabelung

Die Abbildung zeigt einen zentralen Standortverteiler (SV), von dem aus die LAN Verkabelung über einen Gebäudeverteiler (GV) zu einem Etagenverteiler (EV) geführt ist, bei dem sich der Access Switch befindet. Die Verkabelung erfolgt mit 400m OM3 Kabel und Stecker. Nach Stecker und Kabelnormwerten muss für jede gesteckte Verbindung ein Verlust von 0,75dB angenommen werden. Im Channel wie oben abgebildet sind 6 gesteckte Verbindungen die zusammengerechnet einen Verlust von 4,5dB ergeben. Das Kabel hat eine Dämpfung von 3,5dB/km. Bei 400m Länge ergibt das 1,5dB. Somit hat die ganze Strecke ein Dämpfungsbudget von 6dB. Die Strecke ist somit nur für 100Base-FX Applikationen geeignet (siehe «IEEE Applikationsunterstützung MMF (ISO/IEC 11801-1)»). Für die Übertragung von 10GbE muss die Strecke mit SMF Fasern realisiert werden.

Rechenzentren



Berechnungsbeispiel Rechenzentrumsverkabelung

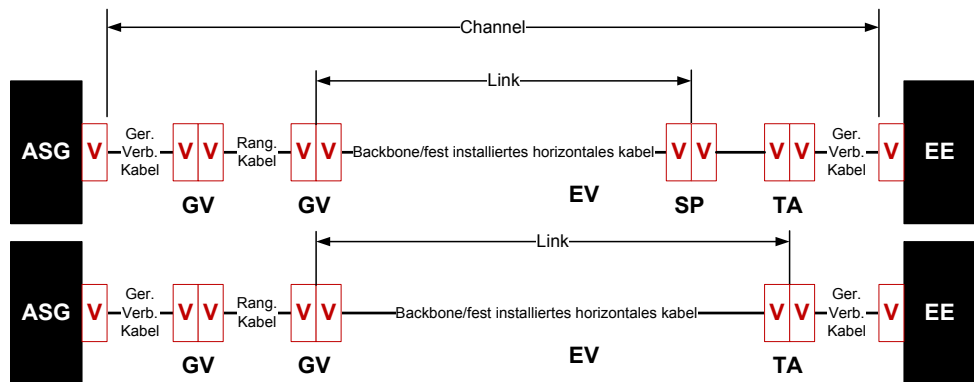
Das vorliegende Beispiel zeigt ein Rechenzentrum mit End-of-Row-Konfiguration und MPO-Verbindungstechnik zwischen Hauptverteiler (HV) und Gebäudeverteiler (GV).

In diesem Beispiel beinhaltet die Strecke 5 gesteckte Verbindungen. Für jede Verbindung rechnen wir mit einer Dämpfung von 0,75dB und erhalten somit ein Dämpfungsbudget von 3,75dB. Die Faserdämpfung von 3,5dB/km ergibt für 150m Länge eine Dämpfung von 0,475dB. Der gesamte Verlust der Strecke von über 4dB ist zu viel um 10GbE und 1GbE Applikationen zu übertragen.

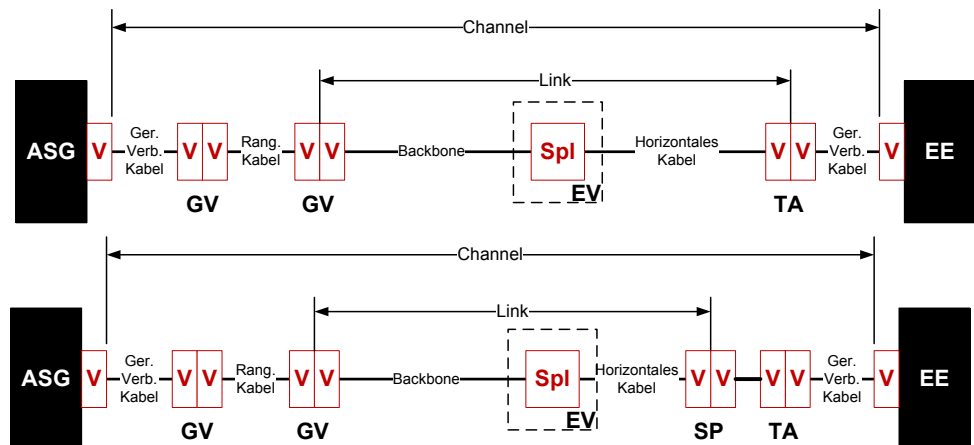
3.3.2 Channel Beschränkungen für LWL Installationen

Die unten aufgeführten Schemas sind eine Selektion von möglichen LWL Konfigurationen für horizontale und Backbone Verkabelungen. Zwischen horizontaler und vertikaler Verkabelung ist es nicht notwendig aktive Geräte zu installieren. Daraus resultiert ein kombiniertes Verbindungsmodell.

Wenn in der Strecke mehrere gesteckte Verbindungen und Spleissstellen vorkommen, muss aus der Anzahl der Stecker und Spleisse sowie der Kabeldämpfung der Gesamtverlust berechnet werden um zu sehen ob die Strecke die gewünschte Applikation unterstützt.

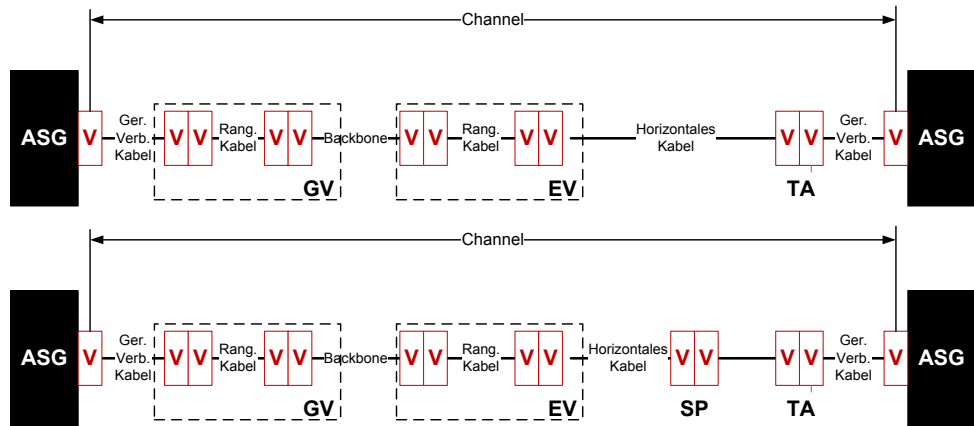


3 Stecker direkt kombiniert



4 Stecker kombiniert mit Spleiss

3. Vor der Installation



5 Stecker direkt kombiniert

3.3.3 Passives Optisches LAN Netzwerk (POLAN)

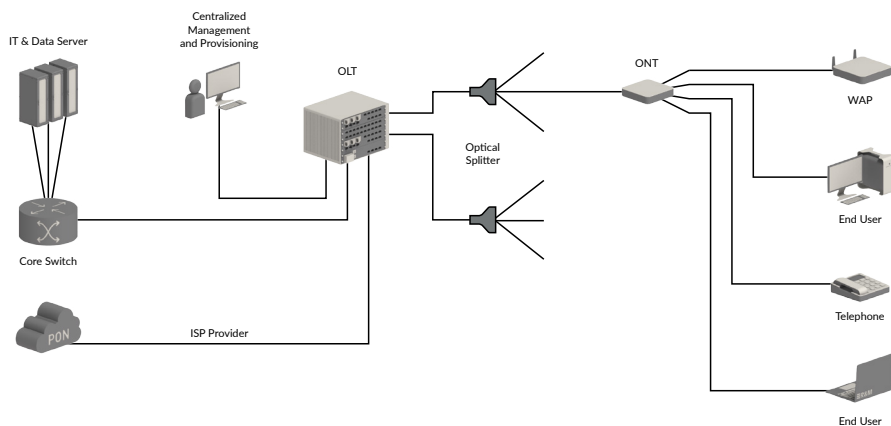
Einleitung

Die Installation einer passiven optischen Verkabelung in einer LAN Umgebung kann gewisse Vorteile bieten und wird von aktuellen Standards und von R&Mfreenet Produkten unterstützt. POLAN Netzwerke können vorkommen wo es notwendig ist Platz zu sparen, Kosten für aktive Komponenten zu reduzieren und/oder energieeffizient zu sein. Diese Methode kombiniert die GPON-Technologie, die bei FTTx benutzt wird, mit der LAN-Architektur von Büroverkabelungen.

Die einzigen aktiven Geräte sind das Optical Network Line Terminal (OLT) im Gebäude Hauptverteiler und das Optical Network Termination (ONT) am Arbeitsplatz. Die Verbindung zwischen den Geräten besteht nur

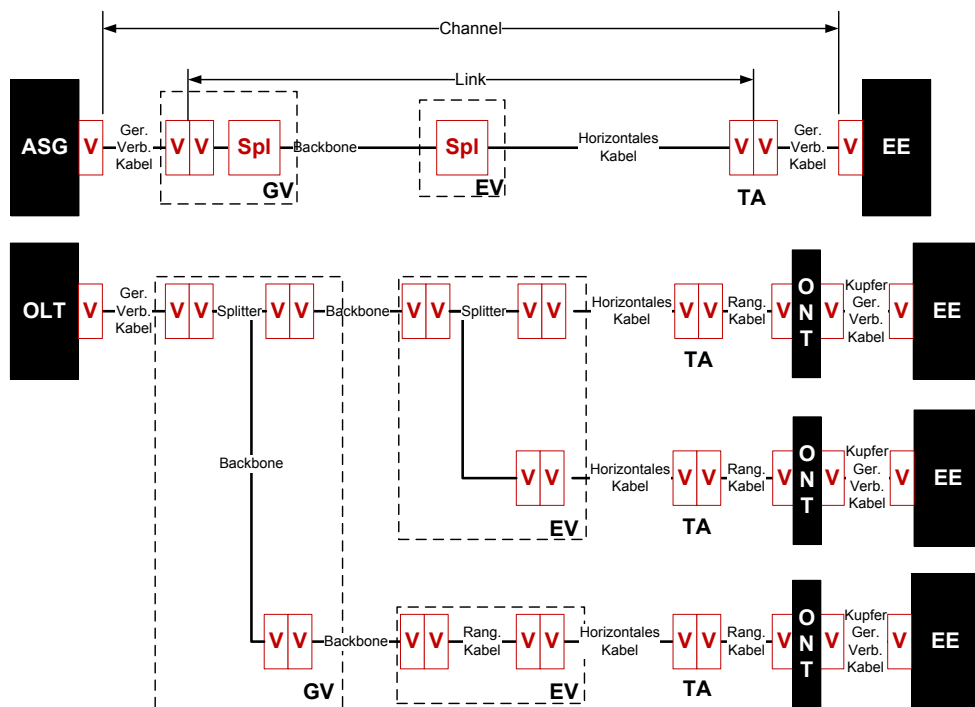
aus passiven Singlemode Komponenten, die Optical Distribution Network (ODN) genannt wird. Mit dieser Netzwerkarchitektur kann eine hohe Sicherheit und Redunanz erreicht werden. Zusätzlich gewährleisten LWL Kabel eine höhere Sicherheit und haben keine EMV Anforderungen. Die Verlegung von Glasfaserkabel ist etwas einfacher und schneller. Betreffend Biegeradius und Durchmesser ist diese Lösung Applikationsabhängig.

Um die ISO, EN und TIA Normen zu bestehen, müssen 2 Anschlüsse pro Arbeitsplatz vorgesehen sein. Alle anderen Anforderungen sind durch die UKV Normen abgedeckt. Das unten stehende Bild zeigt eine POLAN Infrastruktur, die den ISO 11801-1 Anforderungen entspricht.



Principal scheme for POLAN

3. Vor der Installation



POLAN Konfigurationsbeispiel

Die optische Leistungsanforderung für diese Verbindungen ist etwas anders da ein anderes Übertragungsprotokoll (EPON 1G & 10G) benutzt wird. Auf der nachfolgenden Tabelle ist eine Übersicht der Leistungsbudgets zu sehen.

IEEE 802.3	Upstream (1310 nm) Channel Verlust (dB)	Upstream Line Rate (Gbit/s)	Downstream (1550nm) Channel Verlust (dB)	Downstream (Gbit/s)
1000BASE PRX10 10GBASE PR10	≤20.00	10.3125 10.3125	≤29.50	1.25 10.3125
1000BASE PRX20 10GBASE PR20	≤24.00	10.3125 10.3125	≤23.50	1.25 10.3125
1000BASE PRX20 10GBASE PR20	≤29.00	10.3125 10.3125	≤28.50	1.25 10.3125
1000BASE PRX40 10GBASE PR40	≤33.00	10.3125 10.3125	≤32.50	1.25 10.3125

IEEE802.3 GPON Leistung

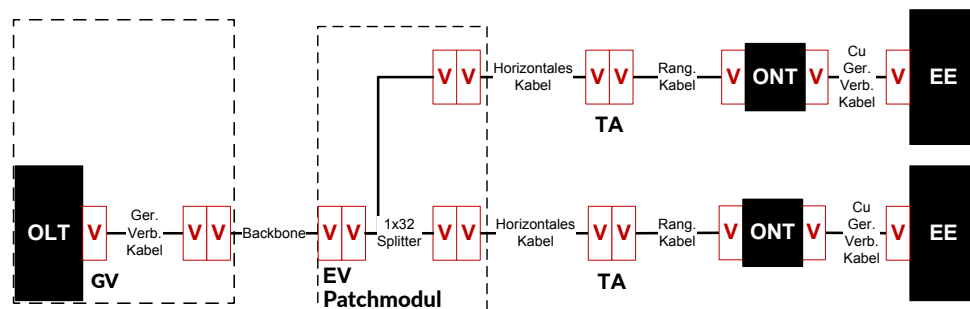
Ausser den Kabel- und Steckerverlusten wie in im Kapitel 3.3.1 beschrieben, haben die eingesetzten Splitter auch Verluste die vom Teilverhältnis der Splitter abhängig sind. Nachfolgende Tabelle listet die Dämpfungen in Abhängigkeit der Teilverhältnisse auf.

R&M Leistungspezifikationen	1x4	1x8	1x16	1x32	1x64
Dämpfung @ 1310nm/(1490)1550nm (dB)	≤ 7.00	≤ 10.40	≤ 13.50	≤ 17.00	≤ 20.50
Konstanz	≤ 0.80	≤ 1.00	≤ 1.30	≤ 1.50	≤ 1.80

R&M Splitterleistung

Berechnungsbeispiel

Dieses Beispiel ist ein POLAN Aufbau mit 4 Stockwerkverteilern von denen jeder 28 Arbeitsplätze bedient. Das untenstehende Bild ist eine schematische Übersicht von diesem Aufbau, danach wird berechnet welche Leistung benötigt wird.

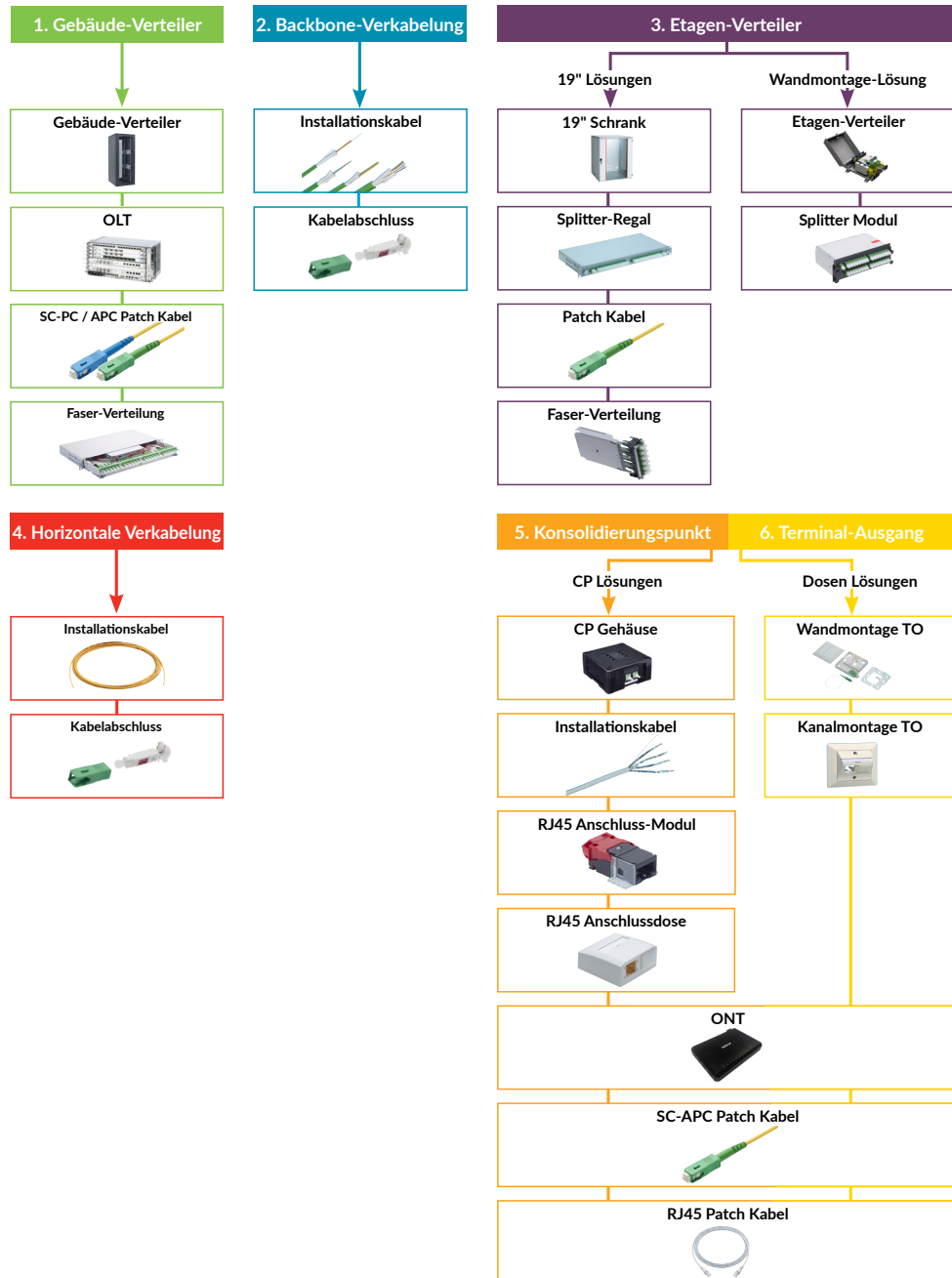


POLAN calculation sample

Das 1*32 Splitter Patchmodul besteht aus einem Splitter dessen Ein- und Ausgang einen Grade B Stecker hat. Dazu haben wir eine Steckverbindung im GV und im OTO (Optical Telecommunications Outlet). In der gesamten Strecke sind 4 Steckverbindungen à 0.25dB. Wir rechnen also mit einem Verlust von 1dB für diese Steckverbindungen. Der Splitter hat 17dB Verlust. Damit ergibt sich für dieses Beispiel ein Gesamtverlust von 18dB.

Das benutzte Protokoll im OLT ist 1000Base-PX10 und hat eine Leistung von 20dB @ 1310nm und 19.5dB @ 1550nm. Daraus ergibt sich eine Reserve von jeweils 2dB und 1.5dB. Bei der Verwendung von OS2 Fasern ist der grösste Verlust bei 1310nm 0.39dB/km. Die maximale Länge zwischen OLT und ONT kann dadurch 5km sein.

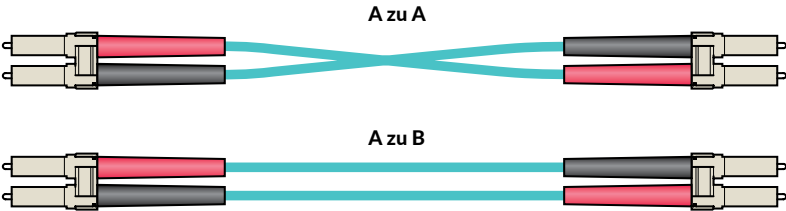
3. Vor der Installation



Produkte zur Realisierung eines POLANS

3.3.4 Beibehaltung der Polarität

Optisches Rangierkabel



Polarität bei optischen Rangier- / Patchkabel

LWL Installationskabel Farbcode

Faser Nr.	IEC 60794-2	TIA 598-B (MPO)	DIN VDE 0888	Swisscom (CH)
1	Blau	Blau	Rot	Rot
2	Gelb	Orange	Grün	Grün
3	Rot	Grün	Blau	Gelb
4	Weiss	Braun	Gelb	Blau
5	Grün	Grau	Weiss	Weiss
6	Violett	Weiss	Grau	Violett
7	Orange	Rot	Braun	Orange
8	Grau	Schwarz	Violett	Schwarz
9	Türkis	Gelb	Türkis	Grau
10	Schwarz	Violett	Schwarz	Braun
11	Braun	Rosa	Orange	Rosa
12	Rosa	Türkis	Rosa	Türkis

LWL Kabel Farbcode

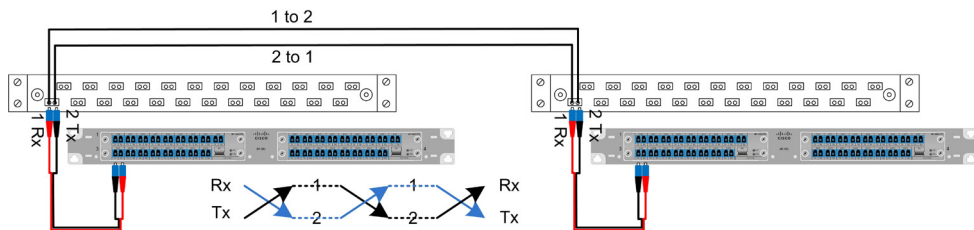
3. Vor der Installation

Duplex Backbone Polarität

Die Polarität eines Glasfasernetzwerkes kann mit zwei verschiedenen Methoden realisiert werden von denen jede ihre Vor- und Nachteile hat. Die zu installierende Polaritätsmethode muss im Voraus im Gespräch mit dem Endkunden bestimmt werden, da dieser das Netzwerk nachher betreuen wird.

Gekreuzter Backbone

Das Ziel einer Glasfaser Duplex Verbindung ist es, immer den Sender (Tx) mit dem Empfänger (Rx) zu verbinden. Dabei wird immer eine ungerade Anzahl von Auskreuzungen ausgeführt. Rangierkabel werden im Normalfall immer ausgekreuzt geliefert. Um mit 2 Rangierkabel eine ungerade Anzahl Auskreuzungen zu haben, müssen die Fasern paarweise im Backbone Kabel ausgekreuzt werden. Im diesem Fall ist der Installateur für die richtige Polarität im Netzwerk zuständig.



LWL gekreuzter Backbone

Vorteile:

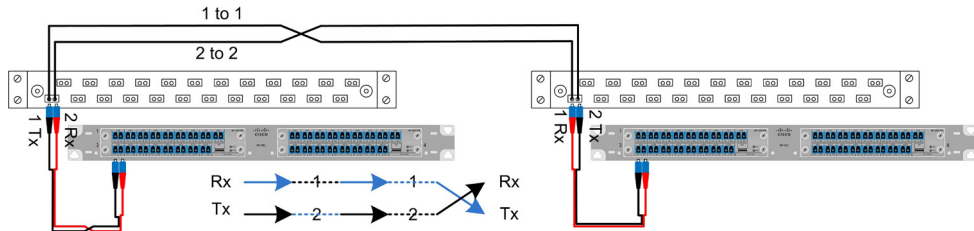
- Verwendung von Standard Rangierkabel
- Identische Polarität, wenn mit Methode «S» MPO Trunks gemischt wird.

Nachteile:

- Koordination notwendig wo die Fasern der Installationskabel gekreuzt werden.
- Schwierige Polaritätsbedingungen bei geraden Verbindungen, z.B. SP
- Diese Methode hat Einfluss wie vorkonfigurierte Kabel und vorbestückte Rangierfelder bestellt werden müssen.

Ungekreuzter Backbone

Bei dieser Methode werden die Fasern im Installationskabel paarweise nicht ausgekreuzt und es wird an beiden Seiten die gleiche Farbcodierung benutzt. Um eine ungerade Anzahl von Auskreuzungen zu realisieren, muss eines der beiden Rangierkabel ausgekreuzt werden. Die Verantwortung für die richtige Polarität liegt beim Endkunden.



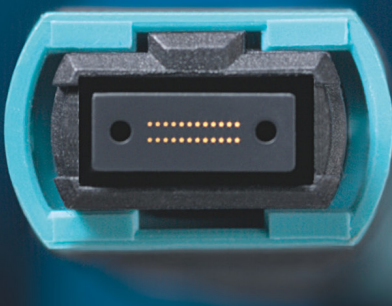
LWL gerader Backbone

Vorteile:

- Die Installation kann an beiden Seiten mit dem gleichen Farbcode gemacht werden
- Identische Polarität, wenn mit Methode «A» MPO Trunks gemischt wird.

Nachteile:

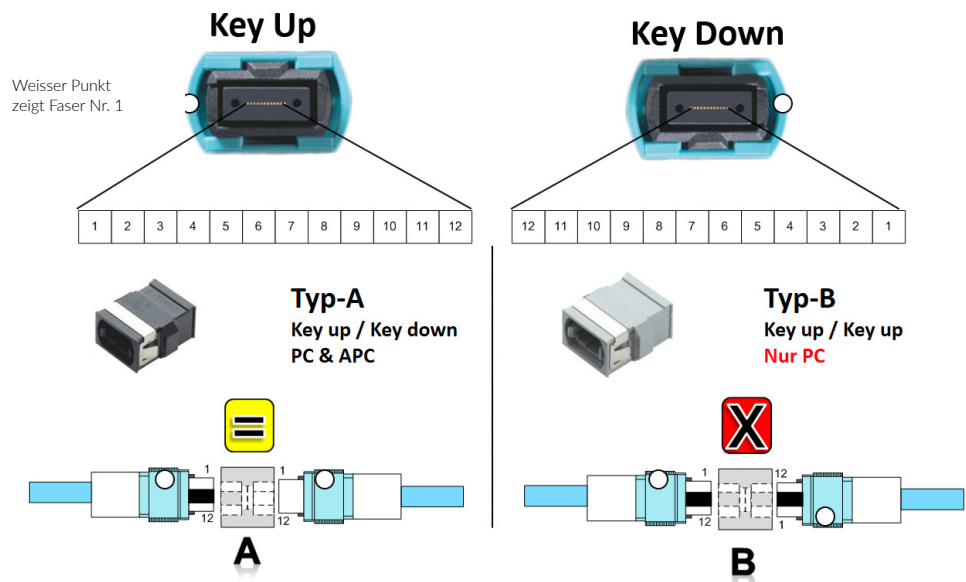
- Saubere Prozesse müssen durch den Endkunden festgelegt werden. Er ändert die Polarität der Rangierkabel.
- Schwierig die Polarität bei mehreren Verbindungen zu behalten.
- Selbe Polarität wenn mit Methode A MPO/Kassetten kombiniert wird.



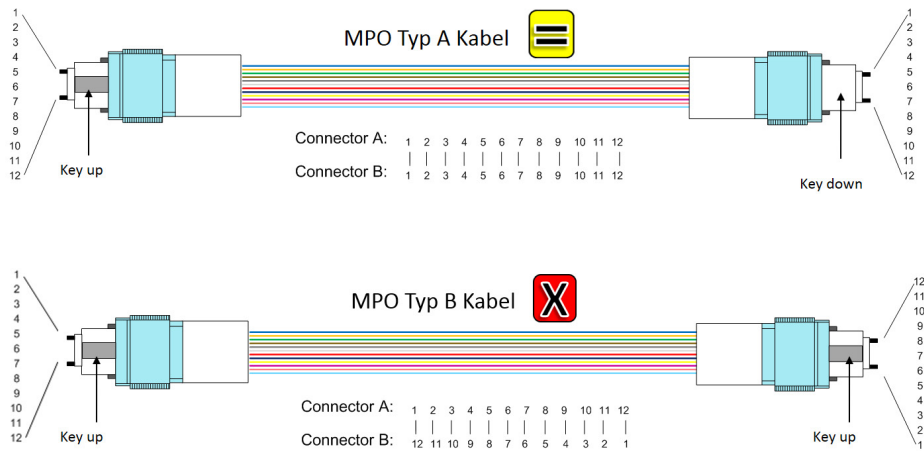
MPO Polarität

Während Codierungen an den Steckern und Kupplungen eine durchgängig richtige Orientierung der Steckverbindung sicherstellen, sollen die nach TIA-568.x definierten Polaritätsmethoden A, B und C die richtige bidirektionale Zuordnung garantieren. Es gibt je nach Hersteller eine grosse Anzahl verschiedener Polaritätsmethoden die manchmal Verwirrung erzeugen können. Wir wollen in den folgenden Abschnitten die meistverwendeten Polaritätsmethoden erklären. Es gibt auch bei uns diverse andere erhältliche Varianten, auf diese wir hier aber nicht genauer eingehen möchten. Ausserdem können auch kundenspezifische Varianten erstellt werden. MPO Stecker werden weiterhin ausgereizt und die Hersteller probieren immer mehr Fasern in dem Stecker unterzubringen. Es gibt bereits Prototypen mit bis zu 72 Fasern in einem einzigen Stecker. Auf dem Bild ist ein 24-fasriger MPO Stecker zu sehen, in dem zwei Reihen à 12 Fasern verbaut sind.

3. Vor der Installation



Key Up und Key Down

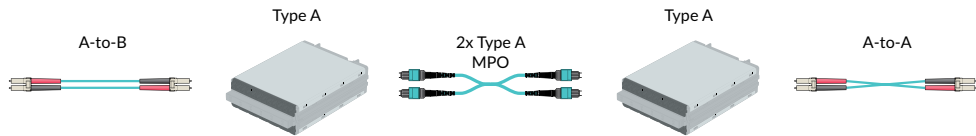


MPO Typ A und MPO Typ B Kabel

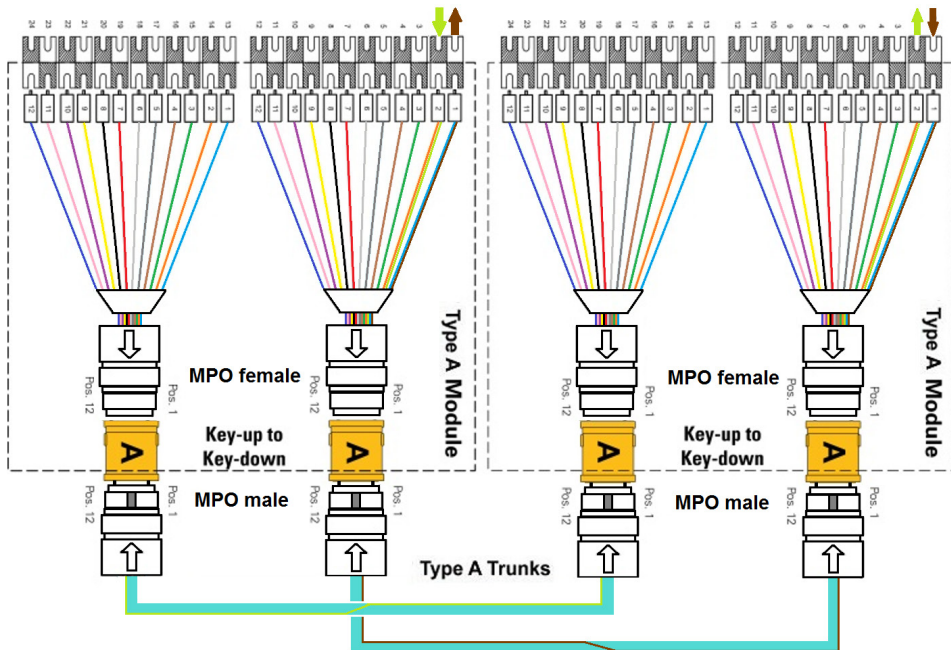
Methode A

Methode A verwendet gerade durchverbundene Typ A Trunks (Pin1 auf Pin1) und MPO-Adapter vom Typ A (key-up to key-down). An einem Ende des Links wird ein ungekreuztes Patch-Kabel eingesetzt, am anderen Ende ein gekreuztes Patch-Kabel. Das paarweise Drehen der Polarität geschieht also auf der Patch-Seite. Beachten Sie, dass pro Link nur ein gekreuztes Patch-Kabel verwendet werden darf. Mit dieser Methode liegt die Verantwortung für die richtige Polarität beim Netzwerkbenutzer. MPO-Komponenten von R&M sind für Methode A seit 2007 verfügbar. Sie kann recht einfach implementiert werden und ist wohl am weitesten verbreitet, weil beispielsweise nur ein Kassettentyp benötigt wird.

Duplex



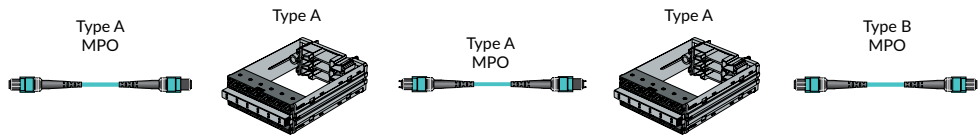
MPO Polarität Methode A Duplex



MPO Polarität Methode A Fan out

3. Vor der Installation

Parallel



MPO Polarität Methode A 40/100G

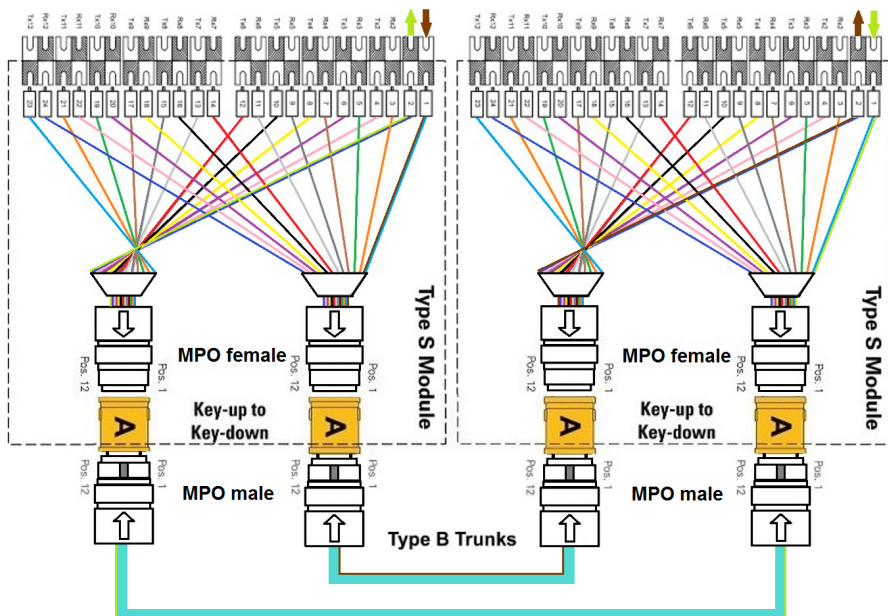
Method S

Methode S (eine von R&M definierte Bezeichnung) ist seit 2013 verfügbar. Sie benötigt nur ungekreuzte Patchkabel. Die Überkreuzung der Fasern bei Duplex-Signalübertragung 10 GbE findet in der vorkonfektionierten Kassette statt. Das Verbindungsschema der Trunk- und Patchkabel bzw. die Lichtführung bleibt immer gleich, auch für die parallele Übertragung zum Aufbau von 40/100 GbE Anlagen.

Die 12 LC-Ports werden nach Tx und Rx aufgeteilt, sodass sämtliche Tx-Fasern auf den einen 12-fasrigen MPO-Trunk, und sämtliche Rx-Fasern auf dem anderen 12-fasrigen MPO-Trunk geleitet werden. Diese beiden MPO-Trunks können z.B. in einem X-Kabel gebündelt werden. Deswegen muss bei der Methode S immer mit 24 Fasern pro Kassette gearbeitet werden.

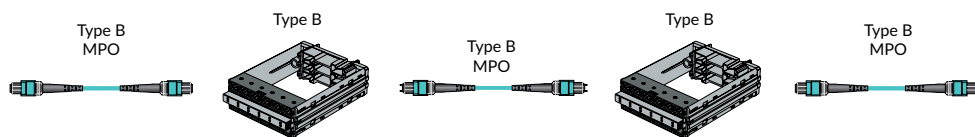
Umstellung auf Paralleloptische Verbindungen MPO für 40G und 100G ist mit jedem Trunkkabel Typ möglich, wie er auch für die Duplex-Lösung benutzt wird. Somit kann das direkte Upgrade völlig unkompliziert und kostengünstig realisiert werden, dazu müssen lediglich die Kassetten gegen Adapterplatten ausgetauscht werden.

Duplex Lösung Trunk B



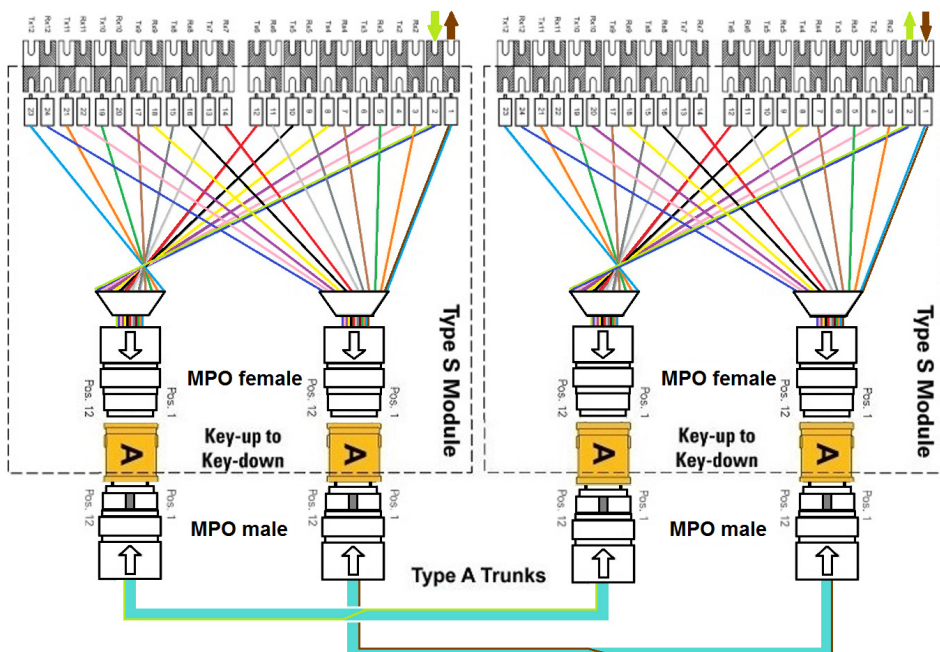
MPO Polarität Methode R&M Fan out Trunk B

Parallel Lösung Trunk B



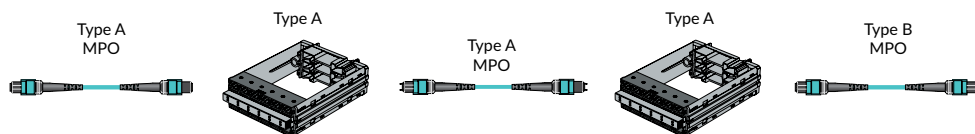
MPO Polarität Methode R&M 40/100G Trunk B

Duplex Lösung Trunk A



MPO Polarität Methode R&M Fan out Trunk A

Parallel Lösung Trunk A



MPO Polarität Methode R&M 40/100G Trunk A

4. Installation





4. Installation

4.1 Allgemeines

4.1.1 Sicherheit

Der Installateur muss alle nötigen Schutzmassnahmen ergreifen, um sicherzustellen, dass Mitarbeiter und Anlagen sowie er selbst und Dritte geschützt sind. Hierzu gehört das Tragen von Schutzkleidung und Schutzbrille ebenso wie das Beachten von Warnzeichen und Absperrungen. Alle im jeweiligen Land geltenden Gesetze und Bestimmungen, welche die Sicherheit betreffen, sind stets einzuhalten.

Neben den rechtlichen Aspekten ist ausserdem jeder selbst für den Schutz seiner Gesundheit verantwortlich. Nach derzeitiger Rechtslage ist der Planer für die Sicherheit des Projekts verantwortlich. Vom Eigentümer des Gebäudes wird erwartet, dass er alle Vorschriften betreffend der Sicherheit und der elektrischen Gebäudeinfrastruktur einhält.

4.1.2 Kennzeichnung & Verwaltung

Alle Verkabelungsnormen schreiben eine entsprechende Kennzeichnung von Komponenten und Telekommunikationsräumen vor. Unter allen Verkabelungsnormen, die Identifikation, Kennzeichnung und Aufzeichnung aller Verkabelungselemente in einer Datenbank vorschreiben, sticht die TIA/EIA 606-B hervor, da diese Norm konkrete Regeln zu diesem Thema enthält.

Die ISO/IEC 14763-2 und die EN 50174-1 überlassen es den Installateuren selbst, wie sie die Identifikation, Kennzeichnung und Aufnahme in die Datenbank regeln. Bei der Entwicklung und Lieferung von R&Mfreenet-Komponenten wird grosser Wert daraufgelegt, den Installateur bei der Einhaltung der normativen Vorgaben zu unterstützen. R&M unterstützt den Installateur darüber hinaus auch bei der Umsetzung alternativer Methoden, sofern die drei folgenden Voraussetzungen erfüllt sind:

1. Alle Verkabelungselemente werden in der Installationsdatenbank aufgeführt und eingetragen.
2. Alle Verkabelungselemente werden gemäss einer der anerkannten Verkabelungsnormen gekennzeichnet.
3. Es gibt eine Datenbank des Verkabelungssystems, die alle Komponenten und zwischen ihnen bestehenden Verbindungen enthält.



4.1.3 Lagerung & Transport des Installationskabels

Wird ein Installationskabel (Kupfer oder Glasfaser) nach Lieferung nicht unmittelbar für die Installation verwendet, muss es an einem dafür geeigneten Ort gelagert werden. Der Lagerort muss trocken und vor schädlichen mechanischen und klimatischen Einflüssen geschützt sein. Das Lagergut ist nach Möglichkeit bis zur Installation in der Originalverpackung zu belassen. Aufgrund

des relativ lockeren Aufbaus des Kabels (generell bei allen symmetrischen Datenkabeln) kann eine gewisse Kapillarwirkung entstehen, die Feuchtigkeit ins Kabel transportieren kann. Dringt auf diese Weise Wasser ein, verändert sich die Impedanz des Kabels, was wiederum einen negativen Einfluss auf die elektrischen Übertragungseigenschaften des Kabels hat.



korrekt gelagertes Kupferkabel



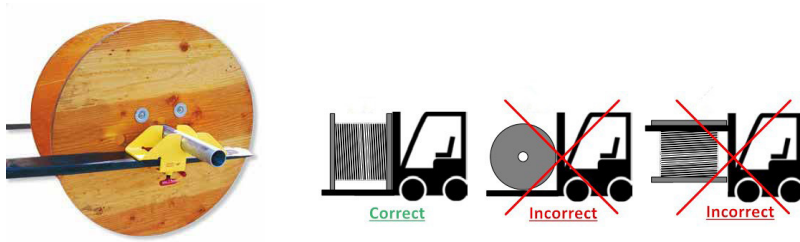
falsch gelagertes Kupferkabel

Neben der Gefahr von Korrosion der Adern und Schirmung wird durch die eindringende Feuchtigkeit auch die Wirkung der Aderisolation vermindert. Zudem kann das eingedrungene Wasser bei Minustemperaturen den Mantel sprengen. Die Kabelenden sollten daher immer geschützt werden. Glasfaserkabel sollten mit einem Schrumpfaufsatz versehen werden. Werden Datenkabel im Winter angeliefert, sollten die Kabeltrommeln, die längere Zeit Minustemperaturen ausgesetzt waren, einige Zeit zur Akklimatisierung in wärmerer Umgebung bleiben, bevor sie abgerollt und die Kabel eingezogen werden.

Die Abnahmeprüfung ist der erste Schritt des Qualitätsprozesses. Die Prüfung sollte folgende Punkte beinhalten: Anzahl Kabel, Verifizierung der Artikelnummern, Aufzeichnung der Rückverfolgbarkeits-Indikatoren (Produktionsserie, Herstellungsdatum, Fertigungslos) und wenn möglich die Verifizierung der Funktionalität durch Erstellen eines Probe-Links, der gemäss geltenden Normen geprüft werden kann. Vor der Prüfung sollten zwei bis drei Tage vergehen, damit sich die Kabel von der Belastung durch die Verlegung und dem Einziehen erholen können.

Das Verladen und der Transport der Kabeltrommel muss so durchgeführt werden, dass kein Schaden an der Trommel verursacht wird. Die Kabeltrommeln nicht von grosser Höhe fallen lassen. Kaputte Trommeln können das Kabel beim Abrollen beschädigen. Die Benutzung von Hubstaplern oder LKW's mit Ladebordwand wird zum Abladen der Kabeltrommel empfohlen. Wenn ein Hubstapler benutzt wird, muss sichergestellt werden dass die Trommel seitlich auf der Gabel positioniert wird.

4. Installation



Verladen von Rolle mit Stange

Korrekter Hebevorgang

Beim Rollen der Kabeltrommel muss darauf geachtet werden, dass keine Hindernisse im Weg liegen.

4.1.4 Umfeldbedingungen

Folgende Massnahmen haben einen positiven Einfluss auf die Prüfung und Abnahme des Projekts und vermeiden Komplikationen und Beschädigungen während der Installationsarbeiten. Es muss beachtet werden, dass auf der Baustelle bis zur Fertigstellung auch andere Arbeiten durchgeführt werden.

Verteilerräume

Der Doppelboden im Verteilraum muss abgedeckt werden um diesen zu schützen. Der Zugang zu diesen Räumen sollte mit einer Staubschutzmatte ausgestattet sein, die regelmässig gewechselt werden muss.

Der Zugang zu diesen Räumen sollte durch temporäre Massnahmen, zum Beispiel mit einem Schloss gesichert sein, bis die permanente Zugangssicherung installiert ist. Der Zugang zu den verschiedenen Verteilerräumen und Steigbereichen sollte durch die Security der Baustelle kontrolliert und protokolliert werden.

Steigleitungen und Kabelführungen

Es sollten Massnahmen getroffen werden, um unbefugten den Zugang zu den Steigbereichen und Kabelführungen der Datenkabel zu verhindern. Der Steigbereich und die Kabelführungen müssen geschützt und gesichert sein. Installierte Kabel sind anfällig gegen zufällige oder vorsätzliche Beschädigungen und haben Auswirkungen auf den Projektablauf und die Projektkosten. Passende Massnahmen um die verlegten Kabel während weiterer Arbeiten auf der Baustelle zu schützen, sollten überlegt werden.

Sauberkeit

IT Komponenten brauchen immer eine extrem saubere Arbeitsumgebung. Ein wichtiger Teil neben dem Installationsablauf und der Sicherheit ist die Reinheit der IT Bereiche. Die folgenden Ratschläge sollen helfen, die Räume und Bereiche für den IT Einsatz vorzubereiten.

- Staubfrei – Jeder Raum muss vor Beginn der IT Arbeit gereinigt und staubfrei gemacht werden. Müll muss entsorgt sein, der Bereich unter und über dem Doppelboden muss staubgesaugt sein.
- Klinisch Sauber – Verteilräume sollten durch eine spezialisierte Firma sauber gemacht werden nach EN ISO 14644/1 Level 8 bevor die ersten aktiven Netzwerkgeräte installiert werden. Ein klinisch sauberer Raum muss partikelfrei sein.

Diese Begriffe der Sauberkeit sind ein wichtiger Teil des IT Konzepts und sind massgeblich für die Freigabe der Räume durch den Hauptprojektleiter. Der nächste Projektabschnitt ist «Raum Bereit».

Der Installateur müsste die nötige Zeit vorsehen um die verschiedenen Sauberkeitsstufen in die Arbeitszeit zu integrieren. Jeder Raum der nicht für den nächsten Projektabschnitt frei gegeben werden kann beeinflusst das ganze Projekt. Sauberkeit und Umfeldbedingungen sind ein wichtiger Faktor bei der Installation von Glasfaserkabel, bei der sehr sauber gearbeitet werden muss.



Nico Frey - unsplash.com

4. Installation

4.2 Kupferkabel

4.2.1 Verlegen der Kabel

Damit die Normwerte eingehalten werden können, ist es äusserst wichtig, die Kabel sehr sorgfältig zu verlegen.

Symmetrische Installationskabel sind nur für eine einmalige Installation vorgesehen. Die Konstruktion der Datenkabel ist heute so weit ausgereizt, dass bereits Leistungseinbussen durch eine nicht sachgemässe Installation, zu erfolglosen Abnahmemessungen führen können. Bei der Verlegung der Kabel sind daher folgende Anforderungen strikt einzuhalten.

Allgemeines

Bei der Verlegung von Kabeln in Kanälen von Unterflursystemen ist darauf zu achten, dass die Kabel nirgends eingeklemmt werden, da sie dadurch mit grösster Wahrscheinlichkeit beschädigt werden. Dies ist häufig beim Einsetzen von Bodenplatten der Fall und führt zu irreparablen Schäden an den Installationskabeln.

Vor dem Kabeleinzug ist das Auslegen (längeres Abspulen) der Kabel zu vermeiden, um Beschädigungen des ausgelegten Kabels durch Dritte zu vermeiden. Beachten Sie, dass symmetrische Kabel für Anwendungen in Innenräumen gedacht sind und daher immer geschützt werden sollten. Ungeschützte Kabel könnten beschädigt werden.

Die Kabel dürfen nicht seitlich über die Flanken der Kabeltrommel abgewickelt werden. Es besteht die Gefahr der Verdrehung der Kabel. Die Geometrie der symmetrischen Paare wird dadurch verändert.

Wurde beim Einziehen der Kabel Feuchtigkeit oder Nässe festgestellt, muss die Herkunft des Wassers festgestellt werden. Es ist äusserst wichtig, dass dieses Problem behoben wird. Alle Kabel, die während des Verlegens Wasser ausgesetzt waren, müssen ersetzt werden.



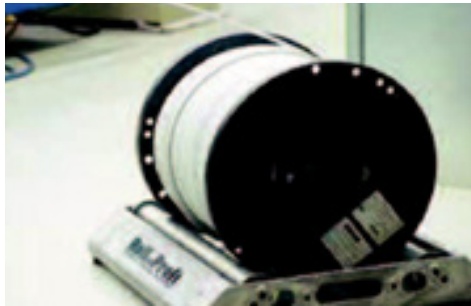
Maximale Zugkräfte

Maximale Zugkraft während der Installation – S/FTP	80 N
Maximale Zugkraft während der Installation – U/UTP	110 N

Die genauen Daten sind dem zugehörigen Datenblatt zu entnehmen.

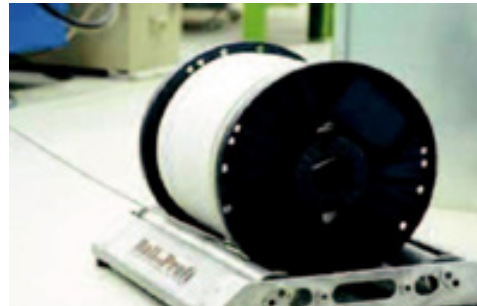
Es gibt spezielle Werkzeuge, die es unmöglich machen, eine bestimmte Zugkraft zu überschreiten. Dies sichert eine gleichbleibende Qualität des paarverdrillten Kabels. Um die Zugkräfte im Installationskabel beim Abrollen weiter zu verringern, empfiehlt es sich, dem Abrollvorgang durch manuelles Drehen der Kabeltrommel nachzuhelfen. Wenn möglich, sollte also manuell abgerollt werden.

Richtige Abrollrichtung



Korrekte Abrollrichtung

Falsche Abrollrichtung



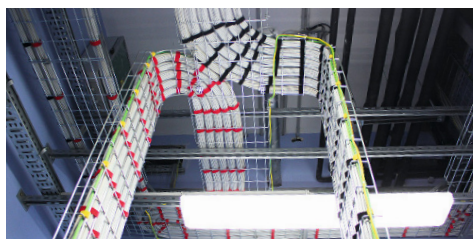
Falsche Abrollrichtung

Bedienen Sie sich beim Verlegen der Installationskabel in vertikale Schächte oder Steigzonen der natürlichen Schwerkraft – ziehen Sie die Kabel nicht den Schacht hinauf, sondern führen Sie diese möglichst von oben nach unten. Somit verhindern Sie unnötige Zugkräfte. Manchmal allerdings, wird dies nur schwer oder gar nicht möglich sein. Müssen Sie die Kabel nach oben ziehen, sorgen Sie dafür, dass ausreichend viele Mitarbeiter verfügbar sind, um die Kabel sicher und vorsichtig durch alle Stockwerke zu ziehen. Beim Verlegen der Installationskabel in Kabelkanälen sichern Sie diese mit Klettverschluss-Kabelbindern. Vermeiden Sie Kabelbinder aus Kunststoff. Befestigen Sie die Kabel, sobald sie sich in ihrer endgültigen Lage befinden. Danach sollten die Kabelbündel auf keinen Fall mehr gebogen werden. Achten Sie darauf, dass die Kabelbinder nicht zu fest

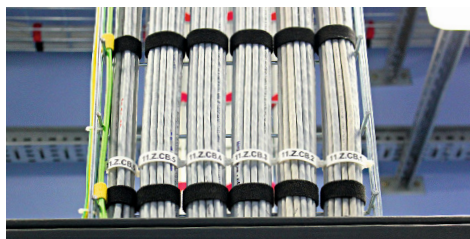
angezogen sind. Die Kabel sollten noch etwas gedreht werden können und der Kabelmantel sollte seine ursprüngliche Form beibehalten. Werden die Kabelbinder zu fest angezogen, entstehen Druckstellen, die die elektrischen Übertragungseigenschaften der Datenkabel verschlechtern können. Bei vertikalen Installationen ist maximal alle 60cm eine Zugentlastung empfehlenswert. Vermeiden Sie zu grosse Kabelbündel oder beschränken Sie die Anzahl der gebündelten Kabel, um Fremdübersprechen (Alien Crosstalk) und Kabelüberbelastungen beim Bewegen oder Biegen der Bündel zu verhindern. Überprüfen Sie die Einhaltung der spezifizierten Biegeradien. Beim Einziehen des Kabels sollte ein Kabelziehstrumpf verwendet werden.

Hinweis: Befestigen Sie alle Adern am Einziehwerkzeug und sichern Sie sie mit Isolierband.

4. Installation



richtige Ausführung einer Steigzone



richtige Befestigung vertikal verlaufender Kabel

Kabel-Biegeradius

Faustregel für die Biegeradien von R&Mfreenet Kupfer Installationskabeln:

Kategorie	Installation	Installiert
Kat. 5e	50 mm	25 mm
Kat. 6/6 _A	60 mm	30 mm
Kat. 7 / 7 _A / 8.1 / 8.2	70 mm	35 mm
Real10 U/UTP	70 mm	60 mm

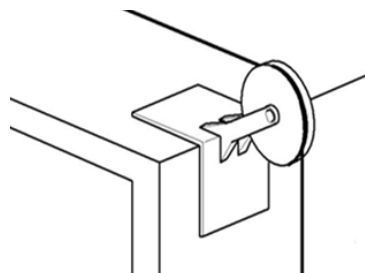
Beispiele für Biegeradien bei Kupferverkabelung

Entnehmen Sie die genauen Angaben stets dem betreffenden Datenblatt.

Zu enge Biegeradien, insbesondere während der Installation des Kabels, können den mechanischen Aufbau der verdrehten Adern innerhalb des Kabels verändern und somit auch die Übertragungseigenschaften des Kabels beeinträchtigen (vor allem NEXT, FEXT und RL).

Falls Kabel im Bereich von Biegungen und Abzweigungen über Kanten laufen, achten Sie beim Einziehen darauf, dass die für den entsprechenden Kabeltyp vorgegebenen minimalen Biegeradien nicht unterschritten werden. Müssen Kabel über Kanten eingezogen werden, kontrollieren Sie, dass der Kabelmantel nicht durch Reibung oder Zugspannung beschädigt werden kann. Sorgen Sie dafür, dass das Gesamtgewicht aller eingezogenen Installationskabel für die unten liegenden Installationskabel nicht zu gross ist.

Zum schonenden Einziehen empfiehlt es sich, Führungen und Rollen zu verwenden, das Kabel mindestens zu zweit manuell einzuziehen oder Stück für Stück zu installieren.

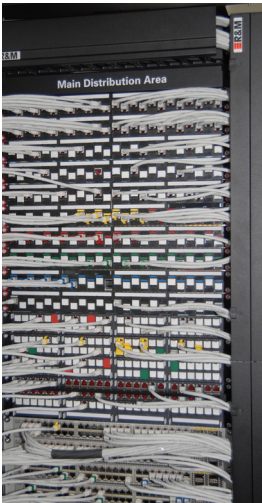


Copper cable installation pulley

Kabelmanagement

Es gibt verschiedene Möglichkeiten, die Installationskabel vom Kabeleintritt im Verteilerschrank zu den Anschlussmodulen zu führen. Es muss sichergestellt werden, dass die Kabel ausreichend zugentlastet sind und in einer Schleife verlaufen, damit die Elemente leicht nach vorne herausgenommen werden können (Kabelreserve dient für Wartungszwecke oder für spätere Aufrüstung von Kat. 5e auf Kat. 6 oder Kat. 6 auf Kat. 6_A).

**Richtiges
Kabelmanagement**



**Falsches
Kabelmanagement**



Beispiele Kabelmanagement

4. Installation

4.2.2 Kupferkabel bearbeiten

Kupferkabel sollten nur mit geeigneten Werkzeugen bearbeitet und aufgeschaltet werden.

Wird beim Abisolieren der Kabel zum Beispiel ein Messer oder ein ungeeignetes Abisolierwerkzeug benutzt, so besteht die Gefahr, dass man die Drähte im Kabel verletzt oder deren Isolationen einschneidet. Ist dies der Fall, ist die Wahrscheinlichkeit gross, dass man danach Schirmschlüsse, Kurzschlüsse oder andere Fehlerquellen verursacht. Es ist ausserdem wichtig, dass man einen Seitenschneider benutzt der es ermöglicht, die Drähte sauber und bündig zu schneiden. Man sollte bei allen Modulen oder Stecker, egal in welcher Ausführung diese sind, schauen dass man sie sauber und sorgfältig aufschaltet.


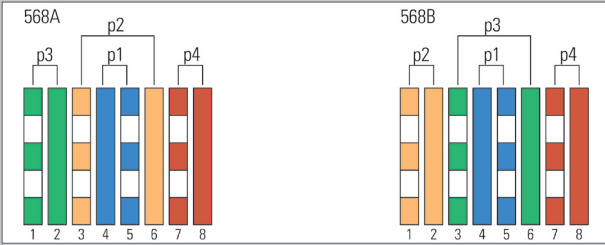
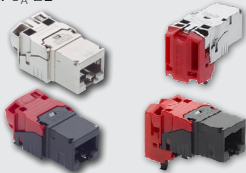
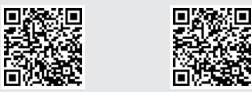
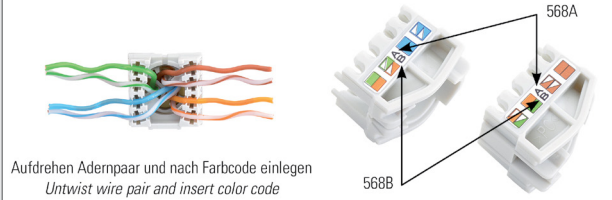
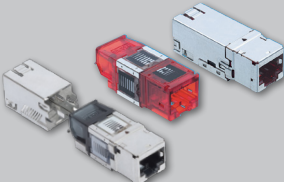

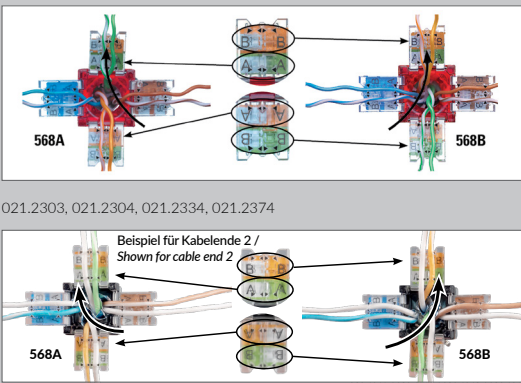
R&M bietet diverse Aufschalt-, Abisolierwerkzeuge und Hilfswerkzeuge an, die ein sauberes Verarbeiten der Module und Stecker ermöglichen.

Die Produkte von R&M sind jedoch auch mit den meisten herkömmlichen Werkzeugen gut und einfach zu Verarbeiten. Es sollte dann jedoch besonders Acht gegeben werden, dass vorsichtig und sauber gearbeitet wird.



Werkzeuge zur Bearbeitung von Kupferkabeln

4.2.3 Beschaltung der Anschlussmodule

Kategorie	Beschaltung
<p>Kat. 5e, Kat. 6</p> <p>Je nach Modultyp, Kat. 5e & Kat. 6, können unterschiedliche Schirmhüllen montiert werden</p>  <p>090.5327, 010.2017</p>	 <p>020.1312</p>
<p>Kat. 6_A EL</p>   <p>090.7180, 090.7179, 090.7571, 090.7569</p>	 <p>Aufdrehen Adernpaar und nach Farbcode einlegen <i>Untwist wire pair and insert color code</i></p> <p>021.3081, 021.3082, 021.3083</p>
<p>Kat. 6_A ISO & Kat. 8.1</p>  	 <p>Beispiel für Kabelende 2 / Shown for cable end 2</p> <p>021.2303, 021.2304, 021.2334, 021.2374</p>

Beschaltung der Module

4. Installation

4.2.4 Rangierkabel

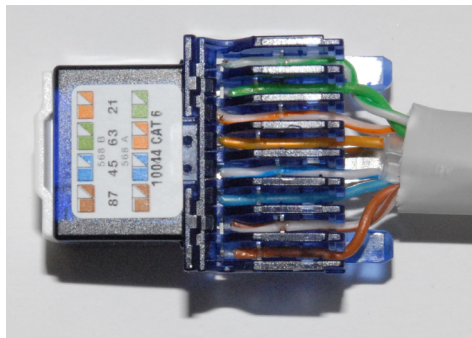
Rangierkabel erweisen sich zunehmend als Schlüsselfaktor für die Erreichung der gewünschten Channel-Performance. Aus diesem Grund empfiehlt R&M, nur Rangierkabel höchster Qualität zu verwenden. Rangierkabel sollten nach jeweils 750 Steckvorgängen ausgetauscht werden. Der minimale Biegeradius dieser Kabel beträgt $4 \times \text{Durchmesser}$. Knicke und Verdrehungen können die Leistung der Kabel beeinträchtigen. Mit R&M-Systemen sollten in jedem Fall Rangierkabel von R&M verwendet werden. Bei Garantieanträgen welche im Channel-Link beantragt werden müssen R&M Rangierkabel verwendet werden.

4.2.5 Potenzielle Fehlerquellen in der UKV

Kat. 5e/Kat. 6 Modul

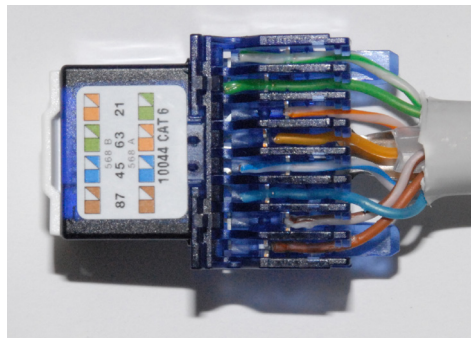
Eine wichtige Fehlerquelle ist eine unsachgemäße Aufschaltung der R&M-Anschlussmodule. Bitte folgen Sie für eine korrekte Aufschaltung von Anschlussmodulen der beigelegten Installationsanleitung.

Korrekte Aufschaltung / zusätzliche Verdrillung der Aussenpaare / keine Überkreuzung



Korrekte Aufschaltung

Falsche Aufschaltung / Luftspalt zwischen den Paaren / überlappende Paare / Paare nicht vollständig eingeführt (orange)



Falsche Aufschaltung

Die Aderpaare sollen auf dem kürzesten Weg direkt und ohne Überkreuzung eines anderen Aderpaares vom Ende des Kabelmantels aus zu den Aufnahmen im Anschlussmodul geführt werden. Nur mit einer korrekten Aufschaltung kann das Bestehen der Abnahmemessung garantiert werden. Der Kabelmantel sollte so am Modul montiert werden, wie im Bild «korrekte Aufschaltung» gezeigt wird. Der Kabelbinder sollte maximal so fest angezogen werden, dass der Kabelmantel nicht deformiert wird.

Installation

- Installationskabel müssen gemäss Anleitung der Hersteller verlegt werden.
- Die Kabel sind zu verlegen oder vorsichtig einzuziehen (max. Zugkraft gemäss R&M).
- Die Kabelbinder dürfen nur mit wenig Zug- oder Druckkraft angebracht werden.
- Die Biegeradien müssen eingehalten werden.
- Knicke und Quetschungen sind zu vermeiden.

Messgeräte

- Jährliche Kalibrierung
- Tägliche Referenzierung
- Adapterkabel müssen gemäss Herstellerrichtlinien und Norm eingesetzt werden, da ansonsten keine aussagekräftigen Messwerte zu erwarten sind.
- Kat. 6_A Messadapterkabel sind immer äusserst sorgfältig zu behandeln und mit grösstmöglichem Biegeradius zu lagern.
- Da die Lebensdauer der Messadapter begrenzt ist, ist beim Gerätehersteller zu klären, wie viele Messungen durchgeführt werden können und wann neue Adapter bestellt werden müssen.
- Die Konsistenz der Messresultate muss in regelmässigen Abständen kontrolliert werden.

4. Installation

4.3 Lichtwellenleiter

4.3.1 Sicherheit

Vorsichtsmassnahmen beim Umgang mit Lasern

Die in der faseroptischen Verkabelung eingesetzte Laserstrahlung ist unsichtbar, kann aber zu schweren Augenschäden führen. Das direkte Hineinsehen blendet nicht und ist nicht schmerzhaft, daher schliesst sich die Iris nicht automatisch wie etwa bei hellem Licht. Dadurch kann die Netzhaut des Auges schwere Schäden erleiden. Suchen Sie sofort ärztliche Hilfe, falls Ihre Augen Laserstrahlung ausgesetzt waren.




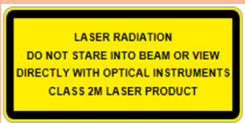



SCHAUEN SIE NIEMALS DIREKT IN EINE FASER, AN DIE EIN LASER GEKOPPELT IST.



030.7110

Übersicht der Laserklassifizierung

Laser werden gemäss IEC60825-1 Ausg. 3.0:2013 nach ihrem Gefahrenpotenzial in sieben Klassen eingeteilt. Diese Klassen sind 1, 1M, 2, 2M, 3R, 3B und 4. Die Hersteller der Laser müssen ihre Produkte mit Warnhinweisen kennzeichnen. In bestimmten Fällen müssen gemäss der genannten Norm auch Emissionswerte, Laseraperturen, Gefahren für die Haut und unsichtbare Wellenlängen angegeben werden. Laser ab Klasse 2 müssen darüber hinaus mit den hier gezeigten Warnzeichen versehen werden.

Laser Kategorie	Installation
Klasse 1 	Laser Klasse 1 werden unter allen normalen Betriebsbedingungen und auch bei Verwendung optischer Betrachtungsinstrumente als sicher eingestuft. Zu Klasse 1 gehören auch höher energetische Laser, die vollständig abgeschirmt sind, so dass keine Strahlung austreten kann (eingebettete Laserprodukte).
Klasse 1M 	Laser der Klasse 1M sind ebenfalls auch bei direktem längeren Betrachten mit blossen Auge sicher. Zu Augenschäden kann es jedoch kommen, wenn unter bestimmten Umständen, bestimmte Betrachtungsinstrumente eingesetzt werden (Wellenlänge 302.5 nm bis 4000 nm).
Klasse 2 	Laser der Klasse 2 senden sichtbare Strahlung im Wellenlängenbereich von 400 nm bis 700 nm aus. Bei längerem direktem Blick in den Strahl, kann es gefährlich werden. Das Betrachten mit gefilterten optischen Instrumenten führt jedoch zu keinem erhöhten Risiko (sollte trotzdem vermieden werden).
Klasse 2M 	Laser der Klasse 2M senden wie Laser der Klasse 2 sichtbare Laserstrahlung aus. Das kurzfristige Betrachten mit blossen Auge ist ungefährlich. Das (auch kurzzeitige) Betrachten mit optischen Instrumenten kann unter bestimmten Voraussetzungen jedoch gefährlich sein. Es kann ausserdem zu Blendwirkungen, kurzfristigen Sehkraftverlusten und Nachbildern kommen, welche die Sicherheit beeinträchtigen können.
Klasse 3R 	Laser der Klasse 3R sind im Vergleich zur Klasse 2M gefährlicher, da ihre Laserstrahlung schneller zu Augenschäden führt. Blendwirkungen, kurzfristige Sehkraftverluste und Nachbilder, welche die Sicherheit beeinträchtigen können, treten mit höherer Wahrscheinlichkeit auf.
Klasse 3B 	Laser der Klasse 3B führen in der Regel bereits bei kürzestem Betrachten der Strahlung zu Augenschäden. Strahlung, die auf die Haut trifft, kann diese verletzen. Es besteht sogar die Gefahr, dass brennbare Materialien entzündet werden können.
Klasse 4 	Zu dieser Klasse zählen die gefährlichsten Laser. Ihre Strahlung ist sogar bei indirekter Exposition äusserst gefährlich für das Auge. Auch reflektierte Strahlen können gefährlich sein. Die Strahlung dieser Laser kann Hautverletzungen hervorrufen und Brände auslösen.

4. Installation

Vorsichtsmassnahmen beim Umgang mit optischen Fasern

Abgebrochene Faserenden, wie sie bei Beschaltungs- und Spleissarbeiten anfallen, können gefährlich sein. Ihre Ränder sind extrem scharf und dringen schnell in die Haut ein. Sie brechen leicht ab und man kann sie fast nicht sehen. Ausserdem sind sie schwer zu entfernen. In den meisten Fällen sind dazu eine Pinzette und ein Vergrösserungsglas nötig. In die Haut eingedrungene Fasern sollten sehr schnell entfernt werden, da sie nur sehr schlecht vom Körper selbst abgestossen werden können. Ein nachträgliches entfernen beim Arzt ist auch schwierig da sie kaum zu sehen sind. Darum gilt:

- Seien Sie immer vorsichtig im Umgang mit Glasfasern.
- Drücken Sie nicht mit dem Finger auf abgebrochene Faserenden.
- Lassen Sie keine Faserstücke auf den Boden fallen. Sie setzen sich in Teppichen oder an Schuhen fest und werden so an andere Orte, wie beispielsweise in Ihre Wohnung, weitergetragen.
- Entsorgen Sie alle Faserreste äusserst sorgfältig.
- Essen und trinken Sie nicht im Installationsbereich.

Sicherheit von Chemikalien

Bei Spleiss- und Beschaltungsarbeiten werden diverse chemische Reinigungsmittel und Klebstoffe verwendet. Die entsprechenden Sicherheitsvorschriften müssen immer befolgt werden. Bei Unklarheiten ist beim Hersteller das entsprechende Materialsicherheitsblatt (MSDS, Material Safety Data Sheet) anzufordern. Befolgen Sie beim Umgang mit Chemikalien die folgenden Richtlinien:

- Arbeiten Sie immer in gut belüfteten Umgebungen.
- Vermeiden Sie generell Hautkontakt mit Chemikalien.
- Verwenden Sie keine chemischen Mittel, die allergische Reaktionen hervorrufen könnten.
- Auch der als Reinigungsmittel verwendete Isopropylalkohol ist entflammbar und muss vorsichtig behandelt werden.

Sofortbehandlungen bei Kontakten mit Hexan oder Isopropyl beim Reinigen von Fasern

Art des Kontakts	Hexan		Isopropyl	
	Wirkung	Sofortbehandlung	Wirkung	Sofortbehandlung
Einatmen	Reizung der Atemwege, Husten	Atmung aufrechterhalten, Bettruhe	Reizung der oberen Atemwege	Betroffenen an die frische Luft bringen; bis die Reizung wieder aufhört
Verschlucken	Übelkeit, Erbrechen, Kopfschmerzen	kein Erbrechen einleiten, sofort ärztliche Hilfe anfordern	Trunkenheit und Erbrechen	dem Betroffenen Milch und Wasser zu trinken geben, ärztliche Hilfe anfordern
Hautkontakt	Reizung	betroffene Hautstelle abwischen und mit Wasser und Seife waschen	nicht schädlich für die Haut	betroffene Hautstelle abwischen und mit Wasser und Seife waschen
Augenkontakt	Reizung	Augen 15 Min. lang mit reichlich Wasser auswaschen	Reizung	Augen 15 Min. lang mit reichlich Wasser auswaschen

Primary treatments Isopropanol & Hexane

Sicherheitsmassnahmen beim Arbeiten mit Spleissgeräten

Fusionsspleisse benötigen für die Spleissung einen elektrischen Funken. Stellen Sie deshalb sicher, dass sich keine entflammbaren Gase in der Nähe der Spleissarbeiten befinden. Kabelschächte oder ähnliche Orte sollten erst geprüft werden, bevor mit den Spleissarbeiten begonnen wird. Es besteht die Gefahr, dass sich dort Gase ansammeln können. Eine gute Option ist der Splicing Trailer, also Spleissanhänger. Er stellt einen mobilen Arbeitsort für alle Spleissarbeiten dar. Die Arbeitsumgebung im Anhänger ist temperaturgeregelt. Zur Gewährleistung einwandfreier Spleissungen muss der Spleissanhänger immer absolut sauber gehalten werden.

Das Rauchen sollte in der Nähe von faseroptischen Installationsarbeiten nicht gestattet sein. Zigarettenasche verstärkt das Staubproblem bei Glasfasern. Ausserdem kann Explosionsgefahr aufgrund brennbarer Stoffe in der Nähe bestehen.

Sicherheit in Schächten/Unterflursystemen

In Schächten können explosive Gase und Dämpfe vorkommen, zum Beispiel aufgrund eines Lecks in einer nahen Gas- oder Flüssigkeitsrohrleitung. Prüfen Sie deshalb mit einem anerkannten Prüfgerät, ob sich entflammbare und/oder giftige Gase in der Atmosphäre befinden, ehe Sie in den Schacht steigen.

4. Installation

Arbeitssicherheit

Um das Unfallrisiko im Arbeitsbereich möglichst gering zu halten, müssen unbedingt alle Vorschriften hinsichtlich des Aufstellens von Abgrenzungen, Schutzgittern vor Schächten und Warnschildern befolgt werden.

- Bevor ein Kabel direkt aus der Achterform gezogen wird, muss sichergestellt werden, dass sich innerhalb der Schlaufen weder Personen noch Ausrüstungsgegenstände befinden. Andernfalls kann es bei Verwicklungen zu Kabel- oder auch Personenschäden kommen.
- Alle für die Kabelinstallationen notwendigen Werkzeuge und Geräte müssen sich in einwandfreiem Zustand befinden. Korrosion an den Geräten kann das Kabel beschädigen und auch Personen können sich verletzen. Ausserdem müssen elektrische Risiken ausgeschlossen werden, falls in den Schächten oder Unterflursystemen, in denen gearbeitet wird, elektrische Leitungen verlaufen.



4.3.2 Verlegen der Kabel

Alle LWL Kabel können bei Handhabung und Verlegung leicht beschädigt werden. Hier einige wichtige Aspekte, die beim Verlegen dieser Kabel besonders beachtet werden sollten.

Unsachgemässes Verlegen, z.B. über Kanten von Mauerdurchbrüchen und in schmale Kabeltrassen sowie das Verdrehen der Kabel während des Einzugs sind zu verhindern. An für das Einziehen kritischen Stellen sollte also mit äusserster Sorgfalt gearbeitet werden. Wir empfehlen, die UKV nach der Installation stichprobenweise auf die spezifizierten Biegeradien hin zu überprüfen.

Kabel, die während der Verlegens Wasser ausgesetzt waren, müssen ersetzt werden. LWL-Kabel sollten nach der Installation um 1,5m zurückgeschnitten werden. Dadurch wird der Bereich entfernt, der den grössten Zugbelastungen ausgesetzt war. Sehen Sie mindestens 6m oder mehr Kabelreserve für Anschlüsse oder Spleissungen und die Reserveschleufe vor.

Maximale Zugkraft für LWL Kabel

Beachten Sie das Datenblatt des Herstellers.

Zugbeanspruchung (N)	Breakout I-V(ZN)HH	Mini-Breakout I-V(ZN)BH	Zentrale Bündelader I/A-DQ(ZN)BH	Verseilte Bündelader I/A-DQ(ZN)BH
Bei Verlegung	1500	2400 – 3500 – 4500	1000	5000
Im Betrieb	500	800 – 1150 – 1500	5000	3500

Zugkraft LWL-Kabel

Bei der Verlegung von faseroptischen Kabeln sollten mechanische oder andere, gleichwertige Schutzvorkehrungen getroffen werden, damit die vom Hersteller vorgegebene maximale Zugbelastung nicht überschritten wird. Um das Eindringen von Wasser und anderen Verschmutzungen während der Installation zu verhindern, muss das faseroptische Kabel immer abgedichtet bleiben. Eine Überschreitung der zulässigen Zugkräfte kann das Kabel so stark belasten, dass die Dämpfung irreversibel erhöht wird.

Innen- und Aussenkabel sind nur in den dafür vorgesehenen Bereichen zu verwenden.

Wenn Glasfaserkabel von einer Trommel auf eine andere Trommel umgespult werden, muss sichergestellt werden das die neue Trommel keine Beschädigungen aufweist. Es muss darauf geachtet werden, dass der Durchmesser der neuen Trommel dem Minimum Biegeradius des Kabels entspricht. Beim Umspulen muss ebenfalls auf die maximale Zugkraft des Kabels geachtet werden Die neue Trommel muss mit den Kabeldaten beschriftet werden.

Das Nichteinhalten der Einzugskräfte, insbesondere in Verbindung mit zu engen Biegeradien (Hauptfolge zu hoher Einzugskräfte), kann die Kabeleigenschaften verschlechtern.

4. Installation

Kabel-Biegeradius

Wenn die Biegeradien von Glasfasern bei der Installation in Kabelkanälen und Anschlusskästen zu eng werden, können Mikrorisse entstehen. Das führt zu erhöhter Dämpfung und zu einer drastischen Senkung der Lebensdauer des Kabels. Beim Verlegen des Installationskabels muss der Biegeradius ständig kontrolliert werden.

Bei deutlichem Unterschreiten der vorgeschriebenen Radien oder wenn das Installationskabel unter Zug steht oder durch Dritte beschädigt worden ist, sollte eine Abnahme abgelehnt und ein Ersetzen der betroffenen Kabel durch neue verlangt werden. Für unsachgemäße Installationsarbeiten, z.B. Knicke, Biegeradien, Zug auf Kabel, Verdrehungen, die zu Kabelschäden führen, ist der Installateur verantwortlich.

Faseroptische Kabel sind für bestimmte Biegeradien und Zugfestigkeiten ausgelegt. Der betreffende Biegeradius darf in keinem Fall und an keiner Stelle unterschritten werden. Jede Unterschreitung kann zu Biegedämpfungen und/oder Brüchen im Kabel führen. In der Regel ist der minimale Biegeradius 20-mal der Durchmesser des Kabels.

Zugbeanspruchung (mm)	Breakout I-V(ZN)HH	Mini-Breakout I-V(ZN)BH	Zentral Bündelader I/A-DQ(ZN)BH	Verselte Bündelader I/A-DQ(ZN)BH
Bei Verlegung	≥ 100 – 150 – 175	≥ 75 – 100 – 100	≥ 100	≥ 150 – 180 – 220
Im Betrieb	≥ 150 – 250 – 280	≥ 130 – 150 – 150	≥ 60	≥ 150 – 180 – 220

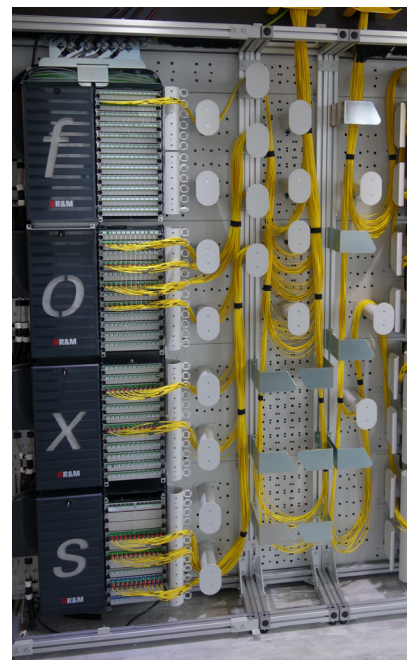
Biegeradius LWL-Kabel

Kabelmanagement

Wenn Glasfaserkabel in Steigbereichen installiert werden, sollten im Abstand von 10m zwei Kabelringe angebracht werden um das Gewicht des vertikal montierten Kabels in Segmente aufzuteilen. Der Durchmesser des Ringes muss an den minimum Biegeradius des Kabels angepasst werden.

Beim Verlegen von LWL-Kabeln ist insbesondere dort, wo sie in Schränke geführt werden, erhöhte Sorgfalt erforderlich. Ausserdem muss darauf geachtet werden, dass an allen Rangierfeldern und an den Schrank-Einführungen ausreichende Zugentlastungen (mit Klettverschluss) vorhanden sind.

Kupfer- und LWL-Kabel sollten möglichst getrennt geführt werden. Wir empfehlen, LWL Kabel erst dann zu verlegen und anzuschliessen, wenn die Kupferverkabelung abgeschlossen ist. Wo dies möglich ist (hauptsächlich DC), sind speziell für LWL-Kabel entwickelte Kabelkanäle zu verwenden.



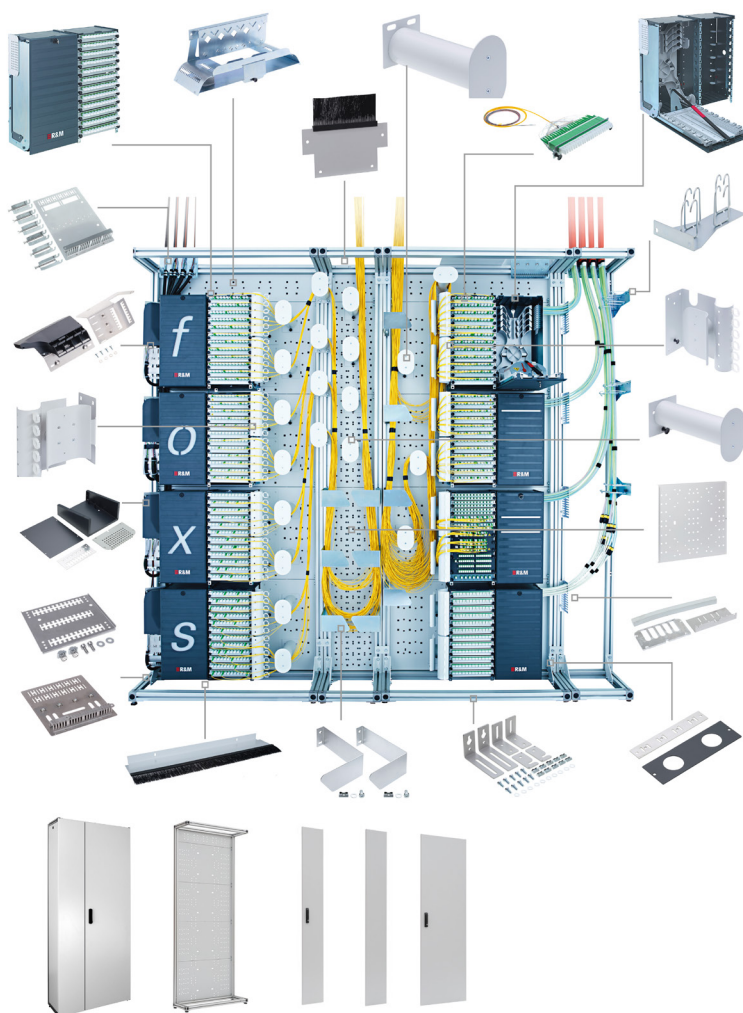
Efficient cable management

R&Mfoxs ODF

Der ODF von R&M ist die modulare Verteilerplattform für den Einsatz der SCM-Familie in allen zentralen Standorten von Netzbetreibern und High-Density-Rechenzentren. Er bietet eine hervorragende und flexible Lösung überall dort, wo rentable, hochverfügbare und leicht skalierbare Lösungen für hohe Dichten mit effektiven Managementpraktiken realisiert werden sollen. Mit den Spleiß- und Patchmodulen gibt es eine Vielzahl von Konfigurationsmöglichkeiten. Dies eröffnet Anwendern neue Ansätze zur Schaffung wettbewerbsfähiger Infrastrukturen – ob im Central Office, Colocation Point, Street Cabinet oder an Gebäudeeingangspunkten und Rechenzentren.

Das Kombimodul ist als fertig konfektioniertes oder als leeres Modul erhältlich.

Hauptanwendung innerhalb des ODF-Systems, weitere Anwendungen am Gebäudeeinführungspunkt (BEP) und in Straßenschränken.

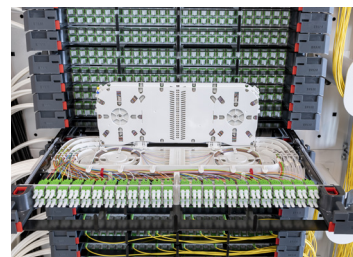
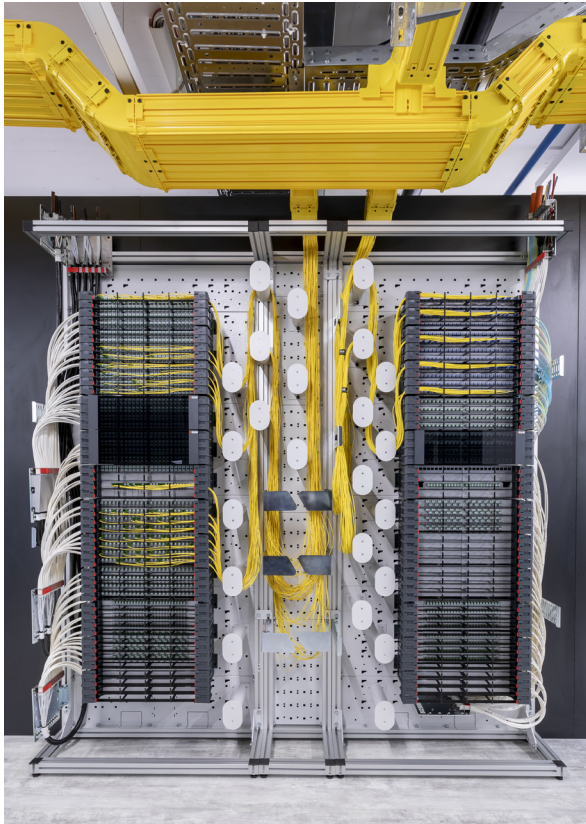


4. Installation

R&M PRIME-ODF

PRIME-ODF das modulare Verteilersystem mit hoher Portdichte.

Die kompakten und vielseitigen PRIME Glasfaserverteiler sind für einen flexiblen Einsatz von Glasfaserabschlüssen geeignet. Sie ermöglichen eine schnelle und einfache Installation in Umgebungen mit begrenztem Platzangebot und an Standorten mit hohem Faserdichtebedarf. Der werkzeuglose Systemansatz und die hohe Modularität garantieren eine unkomplizierte Migration in neue und bestehende Netzwerkinfrastrukturen.



4.3.3 LWL Kabel bearbeiten

Glasfaserkabel sollten nur mit geeigneten Werkzeugen verarbeitet werden. Wird beim Abisolieren der Kabel zum Beispiel ein Messer oder ein ungeeignetes Abisolierwerkzeug benutzt, so besteht die Gefahr, dass man das Innenleben des Kabels verletzt. Ist dies der Fall, ist die Wahrscheinlichkeit gross, dass man danach Faserbrüche, Quetschungen oder andere Fehlerquellen verursacht. Es ist ausserdem wichtig, dass man beim Abisolieren der Aussenmäntel die Reissfäden (falls vorhanden) benutzt.

Sind zwei Reissfäden vorhanden, sollten auch beide benutzt werden. Falls das Kabel Füllmaterial oder einen Nagetierschutz aufweist, sollte dieser bis zur Stelle wo der Aussenmantel entfernt wurde zurückgeschnitten werden. Je nach Anwendung empfiehlt es sich bis 4m des Kabelmantels zu entfernen. Es gibt auch Kunden die für die Ablage der Bündeladern eine spezielle Länge vorschreiben.

Das abisolierte Kabel sollte gut befestigt werden und die Bündeladern sollten sofern sie verdreht sind, mit einem Heissluftföhn bearbeitet werden damit diese schön gerade verlaufen und keinen Drall mehr aufweisen. Die Bündeladern selbst, sollten mit einem dafür geeigneten Werkzeug abgesetzt werden. Dafür gibt es Lochzangen mit diversen Durchmessern oder auch Tools welche die Bündeladern anritzen um sie dann von Hand sauber zu brechen. Anschliessend sind die Fasern zu reinigen bis keine Gelrückstände mehr vorhanden sind. Dafür gibt es verschiedene spezielle Reinigungsmittel, nötigenfalls kann man dafür auch problemlos Isopropylalkohol verwenden. Inzwischen gibt es auch schon gelfreie Bündeladernkabel sogenannte Trockenbündeladernkabel. An der Stelle wo die Bündelader in eine Spleisskassette geführt wird, muss ein geeignetes Klebeband (Glasgewebeband oder Stoffband) um die Bündelader geführt werden, da die Bündelader allein an den Kabelbindern gerne wegrutscht.

Handelsübliches Isolierband wird nicht empfohlen, da sich das bei Wärme ablösen kann und somit kein sicherer Halt mehr in der Spleisskassette gewährleistet ist. Das Coating der Faser sollte mit einer dafür vorgesehenen Abisolierzange (Millerzange) entfernt werden, danach muss die nackte Faser mit einem fusselfreien Tuch und mit Isopropylalkohol gereinigt werden vor dem Weiterverarbeiten.



Werkzeuge zur Bearbeitung von LWL-Kabeln

4. Installation

4.3.4 Anschliessen von LWL Kabeln

Verbindungstechniken

LWL-Kabel können auf unterschiedliche Arten angeschlossen werden. Einige Beispiele:

- Feldkonfektionierung
- Breakout Kabel (vorkonfektioniert)
- Fusionsspleiss
- mechanischer Spleiss

Kennzeichnung und farbliche Codierung von LWL Adapter und Steckverbinder

Eine korrekte Codierung, z.B. mittels Farben, von Steckverbindern und Adaptern ist wichtig. Dadurch wird das versehentliche Zusammenschliessen verschiedener Steckverbinder verhindert. Bei Duplex-Verbindungen sollten für eine korrekte Polarität zusätzliche Codierungen eingesetzt werden.

Zur Unterscheidung zwischen Singlemode und Multimode Adaptern und Steckverbindern werden folgende Farben verwendet:

- | | |
|-------------------|---|
| • Multimode 50 um | Beige, Schwarz, Türkis, Magenta oder Limettengrün |
| • Singlemode PC | Blau |
| • Singlemode APC | Grün |

LWL-Feldkonfektionierung FO Field

Der FO Field ist ein feldkonfektionierbarer Stecker der als LC und SC sowohl als Multimode und allen Singlemode Varianten erhältlich ist. Dank seiner einfachen Handhabung und seiner guten Performance ist er ein sehr nützlicher Stecker für Reperaturen, kleinere Serviceaufträge, Spezialanwendungen und Spezialanfertigungen bei denen man nicht spleissen kann. Um diesen an eine Faser anzubringen braucht man lediglich ein Brechgerät um die Faser an den man ihn anbringen möchte sauber zu brechen.



030.6320
LC APC Ausführung eines FO Field

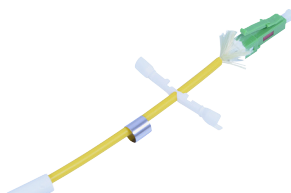
Die LWL-Feldkonfektionierung ist völlig unkompliziert.



Step 1 – 021.2716

Kabel vorbereiten und brechen

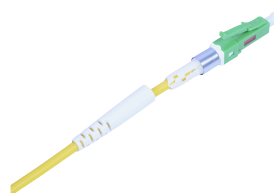
Faser auf Länge brechen



Step 2 – 021.4744

Kabel und Stecker verbinden

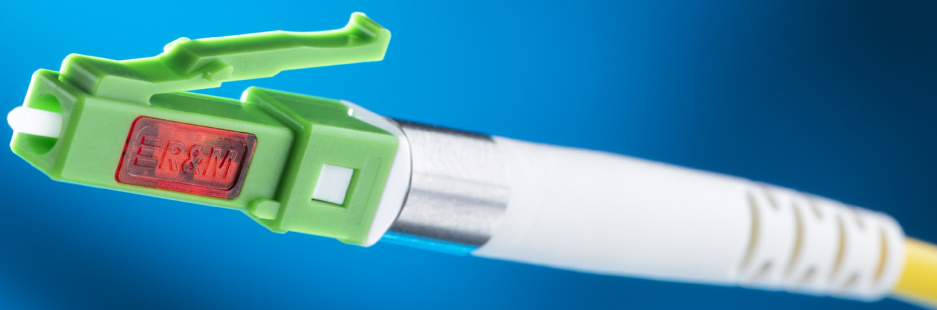
Faser in den LWL-Stecker schieben, bis sie ansteht, Arretierung mit drücken des Fensters und der Klammer gewährleisten.



Step 3 – 021.4749

Für Zugfestigkeit sorgen

Zugentlastung am LWL-Stecker anbringen



Installationsanleitung
FO Field

FO Field in montiertem Zustand

4. Installation

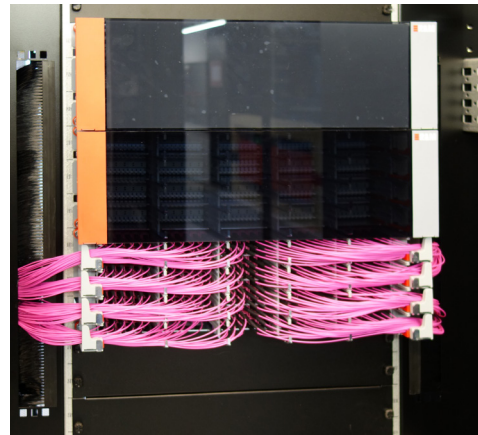
4.3.5 Rangierkabel

Da Rangierkabel inzwischen eine wichtige Rolle beim Erreichen der gewünschten Channel-Performance spielen, sollten nur biegungsunempfindliche Rangierkabel verwendet werden.

Rangierkabel sollten nach jeweils 1000 Steckvorgängen ausgetauscht werden.

Bei MACs (Moves, Adds, Changes - d.h. Konfigurationsänderungen) mit Rangierkabeln ist peinlich genau darauf zu achten, dass weder die von der Konfigurationsänderung betroffenen Rangierkabel noch benachbarte Rangierkabel zu hohen Belastungen ausgesetzt werden. Falls Rangierkabel eingezogen werden müssen, ist es äusserst wichtig die maximale Zugkraft nicht zu überschreiten. Beachten Sie das zugehörige Datenblatt.

Bei R&M-Systemen sollten in jedem Fall Rangierkabel von R&M verwendet werden.



Rangierverkabelung Netscale



4.4 Installations Checkliste

Die folgende Liste enthält die Merkmale einer ordnungsgemässen und professionellen Installation.

- Am Standort müssen geeignete Mitarbeiter für das Einziehen der Installationskabel zur Verfügung stehen.
- Vor dem Verlegen der Kabel müssen scharfe Kanten an Durchbrüchen und Rohren entgratet werden, um Beschädigungen des Kabelmantels beim späteren Einziehen und Befestigen auszuschliessen.
- Für das Durchqueren von Wänden müssen Kabelkanäle oder Rohre verwendet werden. Denken Sie daran, dass der zur Verfügung stehende Raum laut Norm nur zu 40 bis 60% belegt werden darf.
- Beim Installieren der Kabel dürfen die durch den Kabelhersteller spezifizierten Biegeradien nicht unterschritten werden. Dies gilt ebenso für die Situation nach dem Verlegen der Kabel.
- Um unbeabsichtigte Beschädigungen der Kabel zu vermeiden, sollten die Kabel direkt von den Kabeltrommeln aus in die Kabeltrassen geführt werden. Ein mehrere Meter langes Ablegen auf dem Boden ist zu vermeiden.
- Sorgen Sie für passende Werkzeuge für das Abrollen, Verlegen und/oder Einziehen der Kabel. Für Ecken sollten Umlenkrollen sowie Mitarbeiter vorhanden sein, die sie bedienen können.
- Jegliche mechanischen Belastungen und Knicke (wie sie zum Beispiel durch unsachgemässe Befestigung oder das Gewicht überkreuzender Installationskabel hervorgerufen werden können) der Kabelisolationen und Leiter sind zu vermeiden.
- Die Radien der Kabeltrassen sind so zu bemessen, dass der für das Kabel spezifizierte minimale Biegeradius auch bei Richtungswechsel nicht unterschritten wird.
- Rohre oder Kabelkanäle aus Metall müssen ordnungsgemäss verbunden und geerdet sein.
- Bündeln Sie keine Kabel (insbesondere keine U/UTP-Kabel). Lässt sich dies nicht umgehen, halten Sie die Kabelbündel zumindest so klein wie möglich.
- Beim Befestigen verschiedener Typen von Kabeln dürfen keine Kabelbinderpistolen oder ähnliche Werkzeuge verwendet werden. Dies gilt auch für das Anbringen von Kabelbindern für Zugentlastungen von Anschlussmodulen.
- Die Kabel dürfen keinen Druckkräften infolge unsachgemässer Befestigung durch Kabelschnellverleger oder Kabelbinder ausgesetzt sein. Prinzipiell ist zu beachten, dass die Geometrie des Kabelmantels nicht verändert werden darf.
- Nach Abschluss der Arbeiten müssen die betroffenen Kabeltrassen (Doppelböden, Wanddurchführungen usw.) wieder geschlossen werden, um das Eindringen von Schmutz oder Beschädigungen zu vermeiden, wodurch die Übertragungseigenschaften der installierten Kabel beeinträchtigt werden könnten.
- Datenkabel reagieren empfindlich auf direkte Hitzeeinwirkung. Daher dürfen in ihrer Umgebung keine Heissluftgebläse oder Gasbrenner für das Anbringen von Schrumpfschläuchen verwendet werden.
- Werden Chemikalien eingesetzt, um das Einziehen der Kabel zu erleichtern, müssen diese unbedingt mit dem Material des Kabelmantels kompatibel sein.
- Dies gilt auch für alle Chemikalien (besonders Sprays), die für andere Kabel verwendet werden, die unbeabsichtigt in Kontakt mit den Datenkabeln kommen können.
- Die Liste erhebt jedoch keinen Anspruch auf Vollständigkeit.





5. Nach der Installation

5.1 Allgemeines

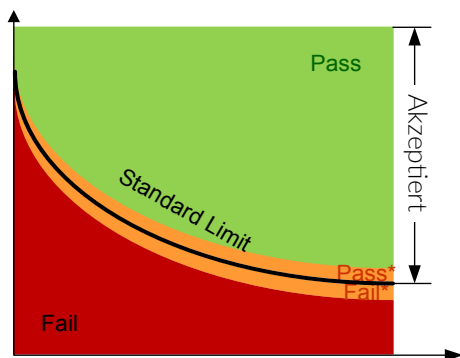
5.1.1 Messgenauigkeit

WANN IST EIN «PASS» EIN «PASS» UND EIN «FAIL» EIN «FAIL»?

Bei der Prüfung von Verkabelungsstrecken im Feld treten immer wieder Fragen bezüglich der Anzeigen auf den Messgeräten und deren Auswertung auf. Der Kunde, meist Installateur, will natürlich nur ein «Pass» sehen; einem Stern oder einer Warnmeldung steht er misstrauisch gegenüber. Wie sehen also die Fakten aus?

In den Normen EN50173 und ISO/IEC11801-1 sind nur die erwarteten Werte für die Verkabelung enthalten. Es wird nicht oder nur ansatzweise beschrieben, wie getestet werden soll. Zu diesem Zweck gibt es die IEC61935-1: «Spezifikation für die Prüfung der symmetrischen und koaxialen informationstechnischen Verkabelung - Teil 1: Installierte symmetrische Verkabelung nach der Normenreihe EN50173». In dieser Norm wird unter anderem die Messgenauigkeit des Prüfgerätes und das Erfassen der Daten beschrieben.

Jedes Messgerät hat eine bestimmte Messgenauigkeit, d.h. der angezeigte Messwert kann um +/- einen bestimmten Betrag falsch sein. Dies ist hier schematisch dargestellt:



Das Prüfergebn eines Parameters ist mit einem Sternchen (*) zu kennzeichnen, wenn das Ergebnis näher bei der Prüfgrenze ist als die Messgenauigkeit. Jedes FAIL oder FAIL* führt zu einem Gesamt FAIL, sofern in der Qualität nicht anders angegeben. Zur Erreichung einer Gesamtpassbedingung, müssen alle Einzelergebnisse PASS oder PASS* sein.

**«FAIL*» ODER «FAIL» IST ALS ENDERGEBNIS «FAIL» – «PASS*»
ODER «PASS» IST ALS ENDERGEBNIS «PASS»**

Es ist dringend zu empfehlen, soweit nach der jeweiligen Norm zulässig, den Permanent Link (PL) zu messen, da dieser Test strenger ist und es ermöglicht, Rangierkabel im System flexibel auszutauschen ohne eine erneute Messung vornehmen zu müssen. Bei der Messung von Channels (CH) legen die Normen fest, dass die bei der Messung eingesetzten Rangierkabel unverändert im System verbleiben müssen. Bei Channel Messungen kann der Prüfer also nicht mit einem einzigen Satz Rangierkabel arbeiten, die er für alle Messungen verwendet.

Vielmehr müssen in diesem Fall sämtliche Rangierkabel an beiden Enden des gesamten Systems angeschlossen und für die Messungen verwendet werden. Wird ein Rangierkabel ausgetauscht, muss die Verkabelungsstrecke neu gemessen werden. R&M gestattet innerhalb seines Garantiesystems ausschliesslich R&Mfreenet-Produkte. Bei Channel Messungen dürfen daher nur Rangierkabel von R&M verwendet werden.

Für R&Mfreenet Garantieanträge werden das Kalibrierungszertifikat für das Messgerät sowie die Verkabelungspläne benötigt.

5. Nach der Installation

5.2 Kupfer Verkabelungen

5.2.1 R&M anerkannte Zertifizierungsmessgeräte für die Klassen D/E/E_A / Klasse I

Für R&Mfreenet Garantieanträge ist ein gültiges Kalibrierungszertifikat des betreffenden Messgerätes erforderlich (muss in der Regel einmal jährlich erneuert werden). Die Messgeräte von FLUKE geben das Datum der letzten Kalibrierung grundsätzlich auf den Messprotokollen an.

Die hier aufgeführten Messgeräte sind für Zertifizierungsmessungen und das Erstellen einer Original-Messdatei zugelassen. Diese Datei wird für einen Garantieantrag benötigt. Sollten die Messungen rezertifiziert worden sein, so müssen die Originaldaten ebenfalls mitgeschickt werden.

Klasse D	Kat. 5e	MHz 1 - 100	Klasse E	Kat. 6	MHz 1 - 250	Klasse E _A	Kat. 6 _A	MHz 1 - 500	
AEM TestPro CV100			AEM TestPro CV100			AEM TestPro CV100			
Fluke DSX-600/5000/8000 VersivTM			Fluke DSX-600/5000/8000 VersivTM			Fluke DSX-600/5000/8000 VersivTM			
Ideal LanTEK II, LanTEK III, LanTEK IV (ab V1.34)			Ideal LanTEK II, LanTEK III, LanTEK IV (ab V1.34)			Ideal LanTEK II, LanTEK III, LanTEK IV (ab V1.34)			
Softing WireXpert WX4500 WireXpert WX500			Softing WireXpert WX4500 WireXpert WX500			Softing WireXpert WX4500 WireXpert WX500			
VIAVI Certifier 10G, Certifier 40G			VIAVI Certifier 10G, Certifier 40G			VIAVI Certifier 10G, Certifier 40G			

Messgeräte für Zertifizierungsmessungen

Zugelassene Zertifizierungstestgeräte für Klasse I / Kat. 8.1 Systeme finden Sie online unter www.rdm.com

Hinweise

- Klasse E_A und Kat. 6_A enthalten unterschiedliche Leistungsanforderungen.
- Dies ist der Stand zum Zeitpunkt der Drucklegung des vorliegenden Dokuments. Die R&M-Website enthält jeweils aktualisierte Angaben: www.rdm.com
- Für Kategorie 8 besuchen Sie bitte die Website unter www.rdm.com
- Die Messgeräte müssen regelmässig referenziert werden.
- Alle vorkonfektionierten Installationskabel müssen nach der Installation getestet werden. Dies gilt insbesondere in Zusammenhang mit Garantieanträgen.




5.2.2 Geeignete Testgrenzwerte für die Klassen D/E/E_A/Klasse I

Grundsätzlich kann für die Messung einer Installation eine der drei folgenden Normen herangezogen werden.

Permanent Link (PL) Klasse D / Kat. 5e	Permanent Link (PL) Klasse E / Kat. 6	Permanent Link (PL) Klasse E _A / Kat. 6 _A	Permanent Link (PL) Klasse I / Kat. 8.1
ISO 11801-1 PL Klasse D	ISO 11801-1 PL Klasse E	ISO 11801-1 PL 2 Klasse E _A	ISO 11801-1 PL Klasse I
EN 50173 PL Klasse D	EN 50173 PL Klasse E	ISO 11801-1 PL 3 Klasse E _A	EN 50173 PL Klasse I
TIA Kat. 5e PL	TIA Kat. 6 PL	EN 50173 PL 2 Klasse E _A	TIA Kat. 8.1 PL
		EN 50173 PL 3 Klasse E _A	
		TIA Kat. 6A PL	
Channel Link Klasse D / Kat. 5e	Channel Link Klasse E / Kat. 6	Channel Link Klasse E _A / Kat. 6 _A	Channel Link Klasse I / Kat. 8.1
ISO 11801-1 Channel Klasse D	ISO 11801-1 Channel Klasse E	ISO 11801-1 Channel Klasse E _A	ISO 11801-1 Channel Klasse I
EN 50173 Channel Klasse D	EN 50173 Channel Klasse E	EN 50173 Channel Klasse E _A	EN 50173 Channel Klasse I
TIA Kat. 5e Channel	TIA Kat. 6 Channel	TIA Kat. 6A Channel	TIA Kat. 8.1 Channel

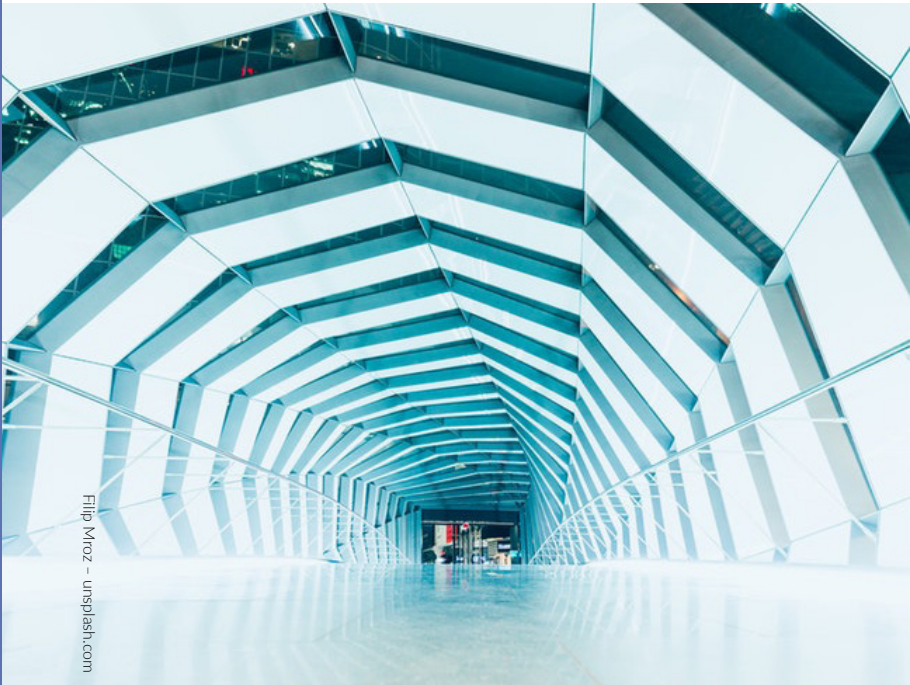
Normen für Messgeräte

5. Nach der Installation

Modul	Kabel	PL & CH Klasse E / Kat. 6 (ISO/EN/TIA)	PL & CH Klasse E _A / Kat. 6 _A (ISO/EN/TIA)	PL & CH Klasse I / Kat. 8.1 (ISO/EN/TIA)
Kat. 6 		OK	–	–
Kat. 6 _A EL 	Kabel für mini- mum 500MHz und mehr zu- gelassen	OK	OK	–
Kat. 6 _A ISO 		OK	OK*	–
Kat. 8.1 	Kabel für 2000 MHz zu- gelassen	OK	OK	OK

*Beste Performance seiner Klasse

Adapter für Messgeräte

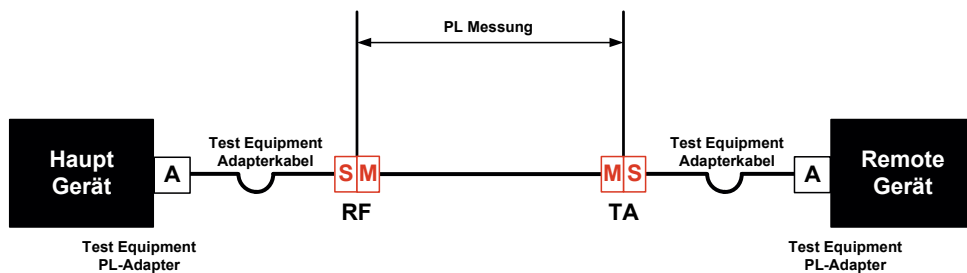


Filip Mroz – unsplash.com

5.2.3 Beschreibung der Prüfstrecken

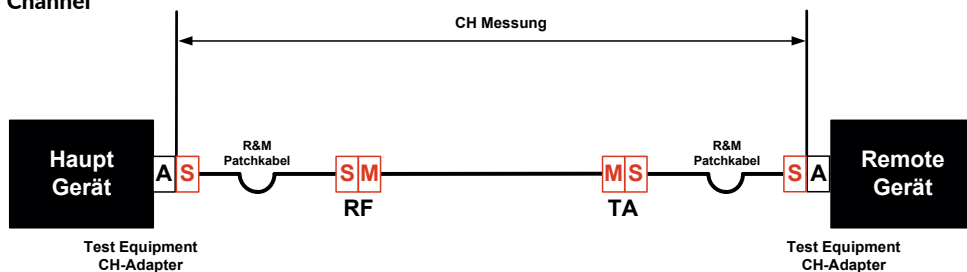
Im Garantieprogramm sind für Kupferverkabelungen die drei folgenden Prüfanordnungen vorgesehen.

Permanent Link



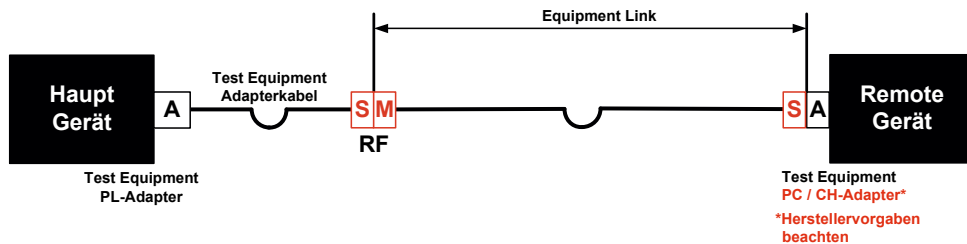
Beispiel Prüfstrecke für PL

Channel



Beispiel Prüfstrecke für CH

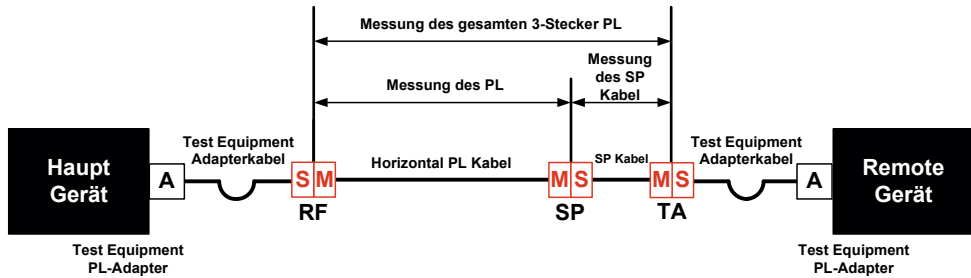
MPTL (Modular Plug Terminated Link)



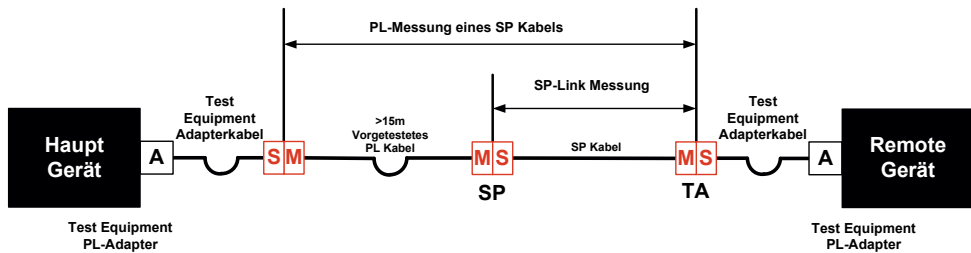
Beispiel Prüfstrecke für MPTL

5. Nach der Installation

Permanent Link mit Sammelpunkt



Beispiel Prüfstrecke für PL mit SP Methode 1



Beispiel Prüfstrecke für PL mit SP Methode 2

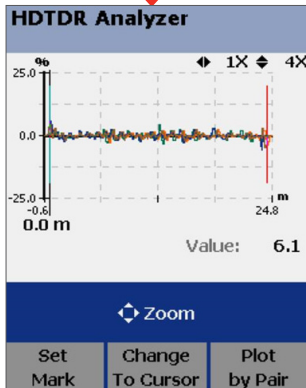
5.2.4 Messauswertungsanalyse

Untenstehendes Bild zeigt die wichtigsten Parameter.

Ein Fehler im Wire Map entsteht entweder durch einen Kurzschluss oder vertauschte Adern oder Aderpaare

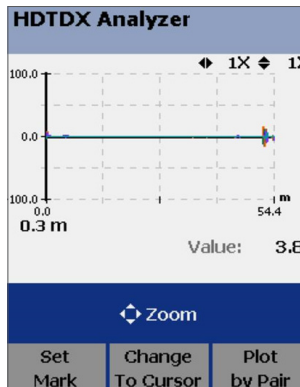
Fehler der Rückflussdämpfung sind oft ein Indiz auf geänderte Kabelparameter. Entweder wurde der minimale Biegeradius und/oder die maximale Zugkraft nicht eingehalten oder das Kabel war der Feuchtigkeit ausgesetzt.

Die Analyse der unten abgebildeten Messkurve zeigt massive Störungen die auf zu hohe Zugkräfte bei einem zu stark gebogenen Kabel hinweisen.



Summary	
E-1.38	FAIL
ISO11801 PL2 Class Ea	
✗ Wire Map	
✓ Resistance	
Length	53.8 m
✓ Prop. Delay	
✓ Delay Skew	
✓ Insertion Loss	(20.3 dB)
✓ Return Loss	(3.4 dB)
✓ NEXT	(9.0 dB)
Highlight item, Press ENTER	
Fault Info	Page Up Page Down

Summary	
E-1.38	FAIL
ISO11801 PL2 Class Ea	
✓ Wire Map	
✓ Resistance	
Length	103.4 m
✓ Prop. Delay	
✓ Delay Skew	
✗ Insertion Loss	(-4.1 dB)
✓ Return Loss	(3.5 dB)
✓ NEXT	(9.0 dB)
Highlight item, Press ENTER	
Fault Info	Page Up Page Down



Ein Fehler der Einfügungsdämpfung weist meistens auf eine Überschreitung der maximalen durch die Norm festgelegten Streckenlänge hin.

NEXT Fehler werden oft durch schlecht montierte Module hervorgerufen. Im rechten Beispiel ist deutlich zu sehen auf welcher Seite das Modul nicht sauber aufgeschaltet ist.

Messwertungsanalyse

5. Nach der Installation

Beschreibung Kupfermessungen – Schritt für Schritt

Schritt 1

Ein niedriger Batterieladestand kann sich negativ auf die Messgenauigkeit auswirken. Dieser Einfluss schwankt von Messgerät zu Messgerät. Es empfiehlt sich daher, niedrige Batterieladestände Ihrer Messgeräte zu vermeiden. Machen Sie es sich daher zur Gewohnheit, bei längeren Pausen oder am Ende des Tages Ihre Messgeräte aufzuladen.

Schritt 2

Einige Messgeräte bieten die Möglichkeit, Testgrenzwerte pro Projekt zu programmieren, sodass es nicht zu Verwirrung kommt, wenn dasselbe Messgerät für verschiedene Projekte verwendet wird. Wenn dies nicht der Fall ist, stellen Sie sicher, dass der richtige Testgrenzwert und die richtige Übertragungsstreckenkonfiguration gewählt sind. Denken Sie daran, dass es sich bei ISO- und EN-Testgrenzwerten um «CLASS»-Messungen und bei TIA um «CAT»-Messungen handelt, aber alle Komponenten eine «CAT»-Klassifizierung haben.

Schritt 3

Wählen Sie den zu prüfenden Kabeltyp aus, d. h. ungeschirmt (U/UTP) oder geschirmt (U/FTP, F/UTP, F/FTP, S/FTP). Wenn Sie sich nicht sicher sind, sehen Sie auf dem Kabelmantel nach. Sofern nicht etwas Anderes erforderlich ist, ist es einfacher, den anwendungsneutralen Kabeltyp zu wählen und dann den NVP-Wert des Kabels anzupassen (Schritt 5). Bei geschirmten Kabeln empfiehlt es sich, die Kontinuität der Schirmung zu prüfen.

Schritt 4

Wählen Sie die Kabelkategorie aus. Sie ist auf dem Kabelmantel angegeben.

Schritt 5

Stellen Sie den NVP-Wert ein, der auch auf dem Kabelmantel angegeben ist. Diese Kenngrösse ist wichtig, um sicherzustellen, dass die richtige elektrische Kabellänge angezeigt wird. Sie wird zur Fehlersuche benötigt, wenn es Probleme mit der Übertragungsstrecke gibt.

Schritt 6

Um die maximale Genauigkeit der Prüfergebnisse von Kupferkabeln sicherzustellen, sollten die Messgeräte alle 30 Tage referenziert werden.

Schritt 7

Stellen Sie sicher, dass der korrekte Adapter für die geprüfte Übertragungsstrecke verwendet wird, d. h. verwenden Sie keine Kat. 6 Adapter, um Klasse E_A Verbindungen zu testen. Einige Hersteller bieten spezielle PL- und CH-Adapter an. Mischen Sie sie nicht und verwenden Sie keine CH-Adapter zum Messen von Permanent Links und Rangierkabel.

Schritt 8

Messen Sie die Übertragungsstrecke und achten Sie dabei darauf, dass die Nomenklatur und die Beschriftung den Anforderungen und Normen entsprechen. Überprüfen Sie, ob es keine defekte oder beschädigte Teile gibt.

Schritt 9

Analysieren Sie die Prüfergebnisse und prüfen Sie, ob sie mit den Projektanforderungen und den bekannten Leistungsdaten der Komponenten übereinstimmen. Z.B.: Übertragungsstrecken mit dem R&Mfreenet Kat. 6_A ISO-Modul sollten eine NEXT-Reserve von über 4dB aufweisen. Geringere Werte lassen auf Probleme mit der Konnektivität schliessen. Sehr niedrige RL-Werte könnten ein Hinweis darauf sein, dass es Probleme mit dem Kabel gibt. Wenn es Probleme mit der Übertragungsstrecke gibt, notieren Sie sie und berichten Sie es dem Teamleiter, damit weitere Korrekturmaassnahmen ergriffen werden können. Sollten Sie Messungen erhalten, die ein «Fail» bekommen, welche nicht schnell und einfach behebbar sind, so speichern Sie diese evtl. separat ab um eine nachträgliche Fehleranalyse machen zu können.

Schritt 10

Speichern Sie die guten Testergebnisse korrekt benannt im jeweiligen richtigen Ordner.

Schritt 11

Erstellen Sie eine Projektdokumentation für den Endkunden mit den ausgewerteten Messdaten.

5.3 Lichtwellenleiter Verkabelungen

5.3.1 Anerkannte Zertifizierungsmessgeräte für LWL

R&M akzeptiert alle für die Messung von LWL Verkabelungen geeigneten Messgeräte, sowohl LSPM (Light Source Power Meter) als auch OTDR (Optical Time Domain Reflectometer). Es gibt keine Einschränkungen hinsichtlich Hersteller oder Modell.

Alle für die Prüfungen verwendeten Messgeräte müssen anhand der dokumentierten Verfahren des Messgeräteherstellers kalibriert werden. In der Regel erfolgt dies einmal jährlich. Der Nachweis der Kalibrierung muss beigefügt werden, wenn ein Garantierantrag gestellt wird. Weist das Messgerät dies in den Testergebnissen aus, so kann auf die Kalibrierungsnachweise verzichtet werden.

Alle Messungen im Feld sind mit Referenzmesskabel durchzuführen.

Die Messgeräte müssen die Testergebnisse in elektronischer Form speichern können. Die originalen Ergebnisse können dann einfacher verwaltet werden und müssen im Fall eines Garantierantrags elektronisch übermittelt werden. Manuell geschriebene Tabellen oder PDF's werden nicht akzeptiert!

Bei OTDR Messungen sind die Messungen mit einem Analyseprogramm (Fibercable, Fastreporter, Fiberdoc, Linkware etc.) zu bearbeiten und sauber zu dokumentieren. Die Ereignisse müssen gesetzt sein, Vorlauffaser, Nachlauffaser, Steckverbindungen und Strecke müssen eindeutig ersichtlich sein. Falls Loopmessungen vorgenommen werden, müssen auch die Ereignisse des Übergangs «Strecke-Loop-Strecke» gesetzt werden. Die Wertetabelle / Ereignistabelle muss die Streckenereignisse beinhalten und Grenzwerte der ausgewählten Norm einhalten.

Das Setzen der Ereignisse ist deshalb so wichtig, weil es bei guten APC Verbindungen teils nicht ersichtlich ist, wo die Strecke nun anfängt, aufhört oder Rangierungen aufweist. Es kann danach nicht mehr festgestellt werden, wo die Übergänge von Vorlauffaser, Nachlauffaser oder Loop auf der Strecke sind. Es ist für den Messtechniker daher wichtig, dass er die genaue Länge seiner Testkabel kennt um später eine saubere Auswertung zu realisieren.

OTDR Messungen die nicht bearbeitet und sauber dokumentiert sind, welche ein Nachvollziehen der Installierten Strecken verunmöglichen, werden für Garantieranträge nicht akzeptiert und zurückgewiesen.

5. Nach der Installation

MPO direkt messen mit LSPM

Da diese Verkabelungsmethode relativ neu ist und das Messverfahren in den Normen noch nicht beschrieben wird, wollen wir uns hier zu diesem Thema mit unseren Empfehlungen und Vorgaben äussern.

Falls MPO direkt gemessen werden soll, das heisst es sind nicht die konventionellen Messmethoden anwendbar, so müssen die verwendeten MPO-Messgeräte folgende Parameter testen und ausweisen können.

- Länge (muss vom Gerät gemessen werden)
- Dämpfung & Reserve
- 2 Wellenlängen (MMF 850/1300 nm & SMF 1310/1550 nm)

Auf dem Markt sind noch nicht viele dieser MPO-Messgeräte erhältlich. Das Funktionsprinzip ist das selbe wie beim LSPM Messen. Unterschiede gibt es bei den Grenzwerten da diese eben noch nicht in der Norm festgelegt wurden. Da bei MPO-Direktverkabelungen bis jetzt nur wenige IEEE- Applikationen in Frage kommen, legen diese die Grenzwerte fest (Punkt 3.3.1).

Praktisch wird dann die maximal erlaubte Länge der Strecke und die maximale Gesamtdämpfung als Grenzwert festgelegt. Das Messgerät misst dann die Effektivwerte (Länge und Dämpfung) und weist die Dämpfungsreserve aus.

MPO direkt messen mit OTDR

Beim OTDR Messen von MPO-Direktverkabelungen müssen gewisse Vorkehrungen getroffen werden. Momentan gibt es noch keine OTDR-Messgeräte mit MPO Anschluss und MPO Vor- und Nachläufe. Folgende Messvarianten sind zurzeit möglich.

- Fanouts oder MPO Kassetten auf beiden Seiten verwenden und eine konventionelle oder eine Loopmessung durchführen
- Einen OTDR MPO-Switch verwenden (Hersteller von OTDR Geräten bieten solche MPO-Switche an)

Praktisch wird beim OTDR Messen von MPO-Direktverkabelungen durch den Fanout oder den MPO-Switch die MPO Verbindung in einzelne Fasern aufgeteilt. Es wird somit dann eine ganz normale OTDR Messung durchgeführt. Bei kurzen Fanouts oder MPO Kassetten werden die Steckerübergänge (LC vom Fanout und MPO) als ein Ereignis dargestellt aufgrund der Todzone des Messgeräts. Sollen die Ereignisse separat (also als zwei Einzelereignisse) dargestellt werden, müssen die Fanouts lange genug und die Pulsbreite des Messgerätes angepasst sein.

Der MPO-Switch wird zwischen das OTDR und den Vorlauf geschaltet und steuert die einzelnen Fasern des MPO-Trunks an. Auf der anderen Seite ist ein Fanout oder MPO Kassette zu verwenden damit die Nachlauffaser gesteckt werden kann. Falls MPO Vor- und Nachläufe vorhanden sind, können diese verwendet werden und das verwenden des Fanouts oder der Kassette fällt somit weg.

Bei MPO Verbindungen ist es besonders wichtig, dass die Steckeroberflächen inspiziert werden und vor dem Stecken zu 100% sauber sind. MPO Systeme sind extrem anfällig gegen Verunreinigungen, da diese dann gleich mehrere Fasern betreffen und in Mitleidenschaft ziehen. Ausserdem kommt hinzu dass die Dämpfungsbudgets sehr streng sind und wenig Toleranz zulassen.

5.3.2 Konfiguration von Übertragungsstrecken

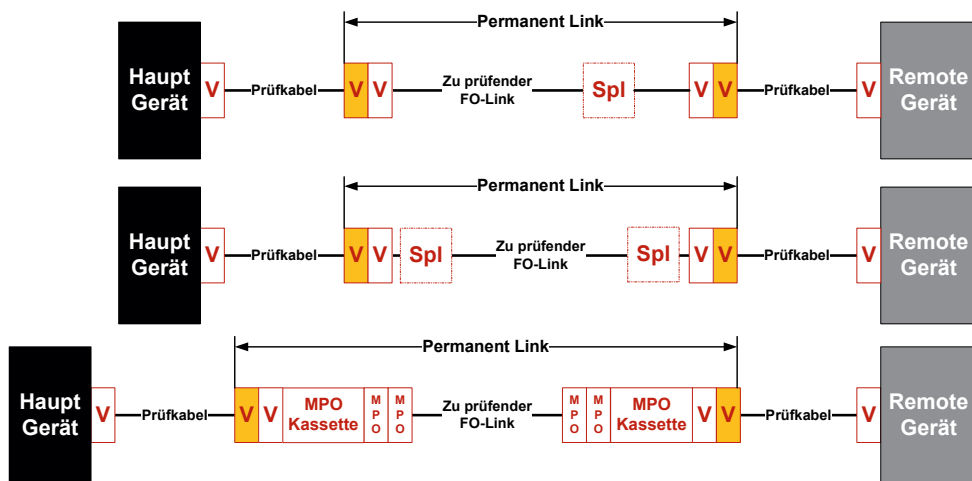
Im Garantieprogramm sind für Glasfaserverkabelungen die beiden folgenden Prüfanordnungen vorgesehen. Um den Garantiebedingungen für Glasfaserverkabelungen zu entsprechen, müssen alle künftig im System verwendeten Rangierfelder von R&M stammen.

Allgemeine Anforderungen und Channeldämpfung gemäß den aktuellen Normen.

Permanent Link

Die Permanent-Link Messung ermöglicht Ihnen, die installierte LWL Verkabelung ohne die Geräteverbindungskabel zu messen. Diese Prüfmethode ist vergleichbar mit der Prüfanordnung zum Prüfen von PL bei Kupferverkabelung. Das Mass der akzeptablen Sicherheit des Prüfsystems ist auf seinen Referenzebenen definiert, um zufällige Schwankungen durch Verbindungsstellen zu berücksichtigen. Bei der Permanent-Link-Konfiguration werden die Stecker der Prüfkabel in die Messungen aufgenommen. Im folgendem Bild sind einige Beispiele von Übertragungsstrecken dargestellt, deren Anschlüsse in die Prüfung mit aufgenommen sind.

Für die Messungen sind Referenzkabel zu verwenden.



Beispiel Prüfstrecke für LWL PL

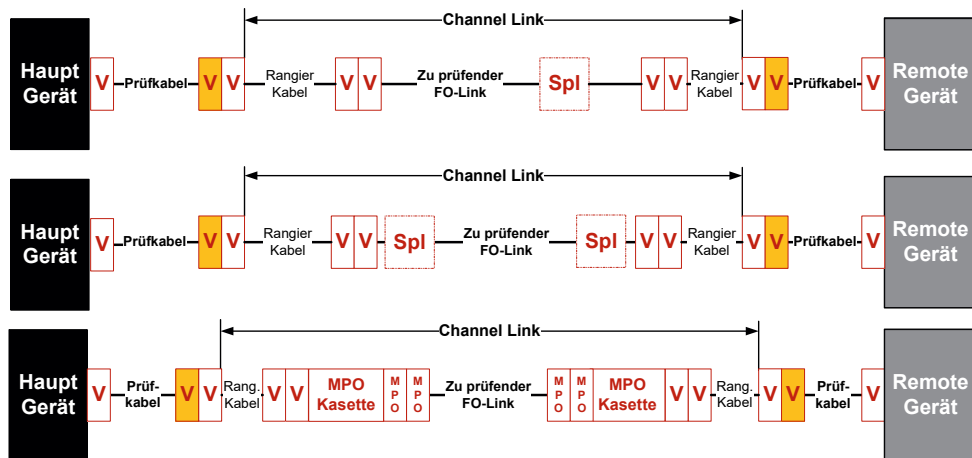
V	Referenz Stecker
V	Stecker
Spl	Spleiss
MPO	Multifiber Push-On

5. Nach der Installation

Channel (Kanal)

Bei der Channel-Link Messung werden auch die an die LWL Verkabelung angeschlossenen Geräteverbindungskabel geprüft. Das bedeutet, dass die Geräteverbindungskabel nach der Abnahmeprüfung angeschlossen bleiben müssen. Hier umfassen die Referenzebenen die Geräteverbindungskabel, aber nicht die an die Prüfkabel angeschlossenen Stecker, da diese an das Gerät angeschlossen werden. In folgendem Bild ist das selbe Beispiel dargestellt wie beim PL, aber mit Geräteverbindungskabel.

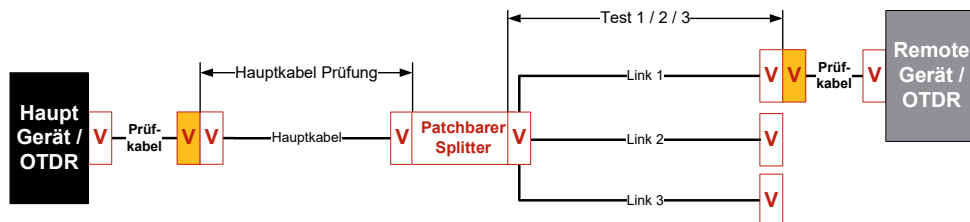
Für die Messungen sind Referenzkabel zu verwenden.



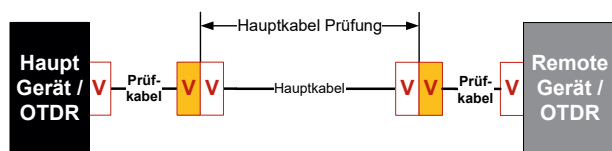
Beispiel Prüfstrecke für LWL Channel

POLAN (Splitters)

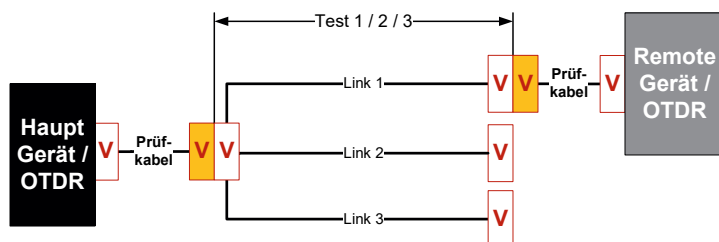
Wenn Sie ein POLAN-System prüfen, empfehlen wir, es in zwei Teilen zu prüfen. Da es nicht möglich ist, das System in einem Schritt, bidirektional durch den Splitter zu prüfen. Um eine Garantie für diese Art von System zu erhalten, sollten die Verbindungen geteilt werden. Machen Sie einen Test der Verbindung vor und einen weiteren Test der Verbindung nach dem Splitter.



Direkte Messung durch den Splitter nicht möglich



Messen der Hauptleitung in einem Schritt



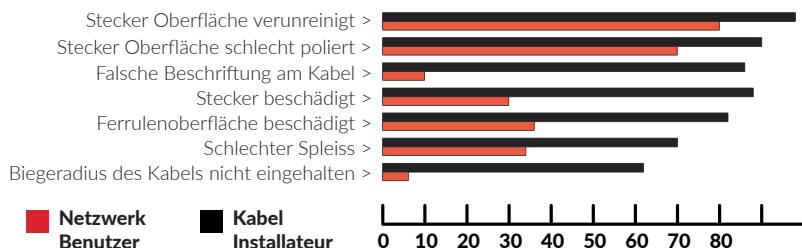
In einem weiteren Schritt die Abgänge zu den Anschlussdosen messen

5. Nach der Installation

5.3.3 Reinigen von Glasfasern

IRA

INSPIZIEREN, REINIGEN (sofern erforderlich), dann ANSCHLIESSEN

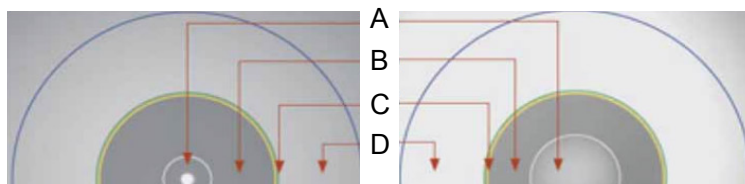


Häufigste Fehler bei LWL Installationen

Die Leistungsfähigkeit eines Lichtwellenleitersystems hängt stark von der Sauberkeit der Verbindungsstellen ab. Kleine Schmutzpartikel, Staub usw. können einen LWL Verbinder unter Umständen zerstören. Daher ist folgende Vorgehensweise dringend zu empfehlen: Überprüfen Sie die Oberfläche mit einem geeigneten Hilfsmittel (Videomikroskop). Reinigen Sie diese gemäss den Herstellervorgaben. Überprüfen Sie die Oberfläche dann nochmals und stellen Sie die Verbindung nur her, wenn sie sauber ist.

Was sagt die Norm

Die ISO 14763-3 und TIA 568 verweisen betreffend dem Messverfahren auf die ISO 61300-3-35. Alle Stecker Oberflächen müssen gemäss ISO 61300-3-35 mit dem richtigen Prüfgerät inspiziert werden.

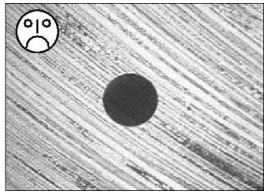
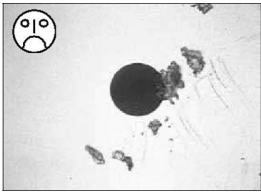
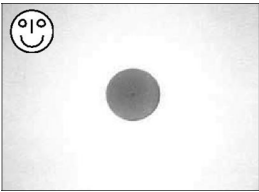


ISO 61300-3-35 SMF & MMF

Singlemode				Multimode		
Fehler	Kratzer	Zone		Zone	Kratzer	Fehler
Keine	Keine	Kern (0-25µm)	A	Kern (0-65µm)	Keine	4≤5µm None>5 µm
Erlaubt <2µm 5 von 2-5µm Keine >5 µm	Erlaubt ≤3µm Keine >3µm	Fasermantel (25-120µm)	B	Fasermantel (65-120µm)	Erlaubt ≤3µm Keine >5µm	Erlaubt <2µm 5 von 2-5µm Keine >5 µm
Erlaubt	Erlaubt	Klebstoff (120-130µm)	C	Klebstoff (120-130µm)	Erlaubt	Erlaubt
Keine ≥10 µm	Erlaubt	Kontaktfläche (130-250µm)	D	Kontaktfläche (130-250µm)	Erlaubt	Keine ≥10 µm

ISO 61300-3-35 Kriterium

Beispiele für eine gut gereinigte und zwei schlechte LWL-Verbindungsstellen (Staub/Schmutz, Fett/Öl/Fingerabdrücke)



Beispiele LWL-Verbindungsstellen

Wenn die Steckeroberfläche nicht den obenstehenden Bedingungen entspricht muss der Stecker gereinigt und wieder kontrolliert werden. Dieser Vorgang ist so lange durchzuführen bis der Stecker sauber ist. Beide im Adapter steckenden Stecker müssen vor dem Anstecken entsprechend der ISO 61300-3-35 gereinigt werden. Der Prozess ist zu dokumentieren (Fotos) und bei der Abnahme mitzuliefern falls der Endkunde dies wünscht. Bis jetzt muss diese Dokumentierung für R&Mfreenet Garantieranträge, noch nicht mitgeliefert werden.

Bei starker Verschmutzung im Bereich des Faserkerns wird das Lasersignal gestört und die Einfügedämpfung sowie die Reflexionen erhöht.

Diese Verschmutzungen können auch bleibende Schäden verursachen. Es ist wichtig vor dem Einstecken die Steckeroberfläche zu inspizieren, wenn nötig zu reinigen und erst dann anzuschliessen. Die Verschmutzungen können auf einen anderen Stecker übertragen werden und somit andere Stecker ebenfalls kontaminieren.

5. Nach der Installation

Dabei ist folgendes Material zu verwenden:

- Aktives Videomikroskop
- fusselfreie Tücher
- fusselfreie Stäbchen
- Isopropylalkohol, wenn die Steckerendflächen mit Isopropylalkohol gereinigt werden, müssen sie danach mit einem trockenen Tuch abgewischt werden
- trockenes Reinigungsband
- IBC Cleaner
- Cletop Cleaner

Eine nützliche Vorgehensweise ist es, den IT-Manager und die IT-Supporter des Endkunden über bewährte Verfahren im Umgang mit LWL-Verbindungen zu instruieren. Bei jeder Handhabung der Steckverbinder sollten die Endflächen gereinigt werden.



Trockenes Reinigungsmaterial



LWL Steckerendflächen Inspektion

5.3.4 LWL Prüfbedingungen

Um zuverlässige und wiederholbare Messergebnisse von LWL-Verkabelungen und ihren Komponenten zu erhalten, ist die Verwendung eines guten Test Equipments, guten Adapter und Referenzstecker erforderlich.

Prüfen, Reinigen und Anschliessen

Jede Verunreinigung an den Endflächen, sei es an der zu prüfenden Übertragungsstrecke oder an den Prüfkabeln, liefert irreführende Ergebnisse. Zudem besteht die Gefahr, dass die Gerätestecker beim Prüfverfahren irreparabel beschädigt werden.

Die Endflächen der Stecker der Prüfkabel müssen überprüft und gegebenenfalls gemäss Punkt 5.3.3 gereinigt werden, das bedeutet nicht nur die zu prüfenden Stecker, sondern auch die Referenzstecker der Prüfkabel.

Sollte ein Gerätestecker beschädigt sein, muss er ersetzt werden. Für Prüfkabel bedeutet das, dass das Kabel entweder komplett ersetzt wird oder zum Anbringen eines neuen Referenzsteckers an den Hersteller zurückgeschickt wird.

Anregungsbedingungen

Die Anregungsbedingungen müssen bei den Messgeräten gegeben sein um möglichst gute Modenverteilung zu gewährleisten. Sind die Messgeräte nicht in der Lage, müssen diese mit einem geeigneten Prüfkabel dass zB. einen «Encircled Flux» beinhaltet ausgerüstet werden. Somit ist die Modenkonditionierung gewährleistet.

Bei LSPM-Messungen bedeutet das, dass als Lichtquelle für MMF-Messungen VCSEL und für SMF-Messungen Fabry-Pérot-Laser verwendet werden.

Bei MMF müssen die Anregungsbedingungen gewährleistet werden und somit ist ein Encircled Flux zwingend zu verwenden. Es gibt Messgeräte Hersteller, die spezielle Lichtquellen verbauen, welche die zum Messen notwendigen Anregungsbedingungen bereits aufweisen. Es ist wichtig, dass der Messtechniker sein Messgerät kennt um korrekt zu messen. Falls es ein

Messgerät mit konventioneller Lichtquelle ist, muss ein Encircled-Flux (Modenkonditionierer) für die Messungen benutzt werden.

Encircled Flux

Diese Messung reproduziert Ausleuchtungen, die der «tatsächlichen modalen Umgebung» eines VCSEL-Transceivers sehr nahekommen. Das VCSEL-Signal wird von zukünftigen Anwendungen mit 10G, 40G und 100G über MMF verwendet.

Unter diesen Messbedingungen liefern die Lichtquelle und die Modenkonditionierung im Prüfkabel einen Output am Ende des Prüfkabels, der IEC 62614 und 61280-4-1 entspricht.

Referenz Messkabel

Die Messnorm ISO 14763-3 schreibt vor, dass zum Messen von Installationen Referenzmesskabel zu verwenden sind. Diese speziellen Kabel sind auf der Seite die an die zu messende Installation angeschlossen wird mit Referenzsteckern ausgerüstet. Referenzstecker weisen spezielle Eigenschaften und viel kleinere Herstellungstoleranzen auf. Die Faser liegt perfekt zentriert in der Ferrule des Steckers und ermöglicht somit eine höhere Genauigkeit und Wiederholbarkeit beim Messen von Glasfaserinstallationen. Wenn man normale (zufällige) Stecker welche höhere Toleranzen aufweisen zum Messen nehmen würde hätte man das Problem, dass grössere Abweichungen entstehen. Es kann sein, dass bei zwei verbundenen Steckern die Kerne perfekt ausgerichtet sind und man somit ein sehr gutes Messresultat bekommt. Im nächsten Fall stehen die Kerne eventuell weiter voneinander weg aufgrund der höheren Toleranzen was ein sehr schlechtes Ergebnis zur Folge hätte. Aus diesem Grund müssen beim Messen von Glasfaserinstallationen Referenzmesskabel verwendet werden.

5. Nach der Installation

Prüfkabel und Adapter

Die Komponenten der verwendeten Prüfkabel und Adapter müssen dieselben oder bessere Leistungsdaten aufweisen als die der zu prüfenden Übertragungsstrecke. Die Stecker der Prüfkabel, die an die zu prüfende Verkabelung angeschlossen werden, müssen Referenzstecker gemäss den Spezifikationen in ISO 14763-3 sein. In folgenden Tabellen ist die maximal zulässige Dämpfung bei zwei in einem Referenzadapter zusammengesteckten Referenzsteckern aufgeführt.

Steckertyp	Zylindrische Steckerform		Rechteckige Steckerform	
Mode	MMF	SMF	MMF	SMF
Einfügedämpfung in dB	≤ 0.10	≤ 0.20	≤ 0.10	≤ 0.20
Rückflussdämpfung (Return Loss) in dB	≥ 35	≥ 45 (PC), ≥ 60 (APC)	≥ 35	≥ 45(PC), ≥ 60 (APC)

Dämpfungsbudget von Referenz-Referenz-Anschlüssen

Die Prüfkabel für LSPM-Messungen sollten nicht kürzer als 2 m sein, aber auch nicht zu lang, damit die Dämpfung der Kabel keinen signifikanten Einfluss auf die Messung hat. Wir empfehlen Längen zwischen 2 m und 3 m.

Gemäss ISO 14763-3 sollten die Prüfkabel (Vorlauf, Nachlauf, Loop) für OTDR-Messungen nicht kürzer als 75m bei MMF und 150m bei SMF sein, um eine eindeutig sichtbare Messkurve vor und nach der zu messenden Strecke abzubilden.

Wie gehe ich mit der bei Referenzsteckern gemessenen Dämpfung um?

Die Dämpfung der Übertragungsstrecke (Verlust der optischen Leistung) muss für jede Kabelstrecke berechnet werden. Die Messungen bei Kupferkabel sind einfacher, da der Grenzwert genau definiert ist. Bei der folgenden Tabelle sind typische Werte unserer Stecker in gestecktem Zustand gegenüber Referenzstecker und zufälligen Stecker aufgelistet. Werden nur R&M Stecker verwendet erreichen diese üblicherweise bessere Werte als die Grenzwerte der Norm.

Verbindungs- dämpfung	MMF		SMF	
	Zufällig gesteckt	An Referenzstecker gesteckt	Zufällig gesteckt	An Referenzstecker gesteckt
Grade Am&Bm	IL Mean ≤ 0.15 dB IL >95% ≤ 0.25 dB	≤ 0.30 dB		
Grade M	IL Mean ≤ 0.35 dB IL >95% ≤ 0.50 dB	≤ 0.50 dB		
Grade A&B			IL Mean ≤ 0.12 dB IL >97% ≤ 0.25 dB	≤ 0.50 dB
Grade C&D			IL Mean ≤ 0.25 dB IL >97% ≤ 0.50 dB	≤ 0.75 dB
Anwendungs- neutral	IL 100% ≤ 0.75 dB		IL 100% ≤ 0.75 dB	

Dämpfungsbudget von Referenz-Zufalls-Anschlüssen

Bei Übertragungsstrecken, an denen Channel Messungen durchgeführt werden, gibt es keinen Unterschied zu den gemäss ISO 11801-1, EN 50173 und TIA 568 verwendeten Berechnungen, wenn Stecker von R&M *freenet* verwendet werden.

Bei Übertragungsstrecken, auf denen Permanent Link Messungen durchgeführt werden, müssen Sie für die Verbindungen an den äussersten Enden der zu prüfenden Verkabelung die Werte unter der Tabelle «Grenzwerte-Steckerdämpfung» verwenden.

Der Dämpfungsverlust lässt sich mit folgender Formel berechnen:

$$\sum (2 \times \text{«Referenzstecker»}) + \sum (\text{Kabel}) + \sum (\text{eingebettete Verbindungen})$$

Beispielberechnung

Angenommen, eine 100 m lange MMF-Übertragungsstrecke hat zwei Pigtail-Anschlüsse, Grade Bm, dann würde der Grenzwert für die Dämpfung folgendermassen berechnet:

Permanent Link:

$$\text{bei } 850\text{nm} = (2 \times 0,5) + (0,1 \times 3,5) + (2 \times 0,3) = 1,95 \text{ dB}$$

$$\text{bei } 1300\text{nm} = (2 \times 0,5) + (0,1 \times 1,5) + (2 \times 0,3) = 1,75 \text{ dB}$$

Eine SMF-Verkabelungsstruktur mit einer einseitigen vorkonfektionierten OS2 Übertragungsstrecke Grade B von 500 m mit einem Pigtail Grade B wird eine maximale Dämpfung haben von:

$$\text{bei } 1310\text{nm} / 1550\text{nm} = (2 \times 0,75) + (0,5 \times 0,4) + (1 \times 0,3) = 2.0 \text{ dB}$$

5. Nach der Installation

5.3.5 LSPM-Prüfung/Dämpfungsmessung

Ihr faseroptisches System muss gemäss den Anforderungen von ISO/IEC 14763-3 oder gleichwertigen Normen gemessen werden, damit eine R&M-Garantie gewährt wird. Die beschriebenen Messmethoden gelten für einfaserige Stecker (LC, SC, ST, E2000®) und mehrfaserige Stecker (MPO). Es gibt keinen Unterschied zwischen den Verfahren, aber das Messgerät kann ein anderes sein.

Messrichtung

Für die Zertifizierung eines Channel oder eines Permanent Link mit einem Dämpfungsmessgerät (LSPM) ist zwingend eine bidirektionale Messung durchzuführen.

Referenzkonfiguration

Für die Prüfung eines Permanent Link ist nur die «Ein-Messkabel»-Methode zulässig. Für einen Garantierantrag für faseroptische Permanent Links akzeptieren wir die Zwei- und Drei-Messkabel-Prüfmethode nicht. Für die LSPM-Channel-Zertifizierung wird die «Ein-Messkabel»-Methode und die «Erweiterte Drei-Messkabel»-Prüfmethode akzeptiert. In diesem Fall müssen jedoch die für die Prüfung verwendeten Prüfkabel mit dem Channel verbunden bleiben. Deshalb sind für jeden geprüften Channel neue Gerätekabel und eine neue Kalibrierung erforderlich. Das Dämpfungsbudget wird durch die Steckverbindungen drastisch erhöht, wir empfehlen deshalb, wenn möglich immer die «Ein-Messkabel»-Methode. Für einen Garantierantrag für faseroptische Channels akzeptieren wir die Zwei-Messkabel-Prüfmethode nicht.

Wellenlänge

Jede Übertragungsstrecke MUSS in den oberen und unteren Frequenzfenstern geprüft werden, d. h. MMF bei 850nm und 1300nm und SMF bei 1310nm und 1550nm. Möglicherweise benötigt der Endkunde Prüfungen weiterer Wellenlängen wie zum Beispiel 1625nm.

Einstellungen

Bei einigen LSPM-Messgeräten können Sie die Kenngrößen der Übertragungsstrecke einstellen, um sofort zu überprüfen, ob die gemessene Dämpfung im Bereich der Normen liegt. Hier ist eine Übersicht einiger dieser Kenngrößen:

- **Standardgrenzwert:** Bestimmt die Grenzen der Dämpfungsbudgets für eine Übertragungsstrecke
- **Fasertyp:** Diese Kenngrösse verwendet die eingestellten Faserdämpfungsparameter
- **Bei LSPM erfordert das R&Mfreenet Garantieprogramm bidirektionale Messungen**
- **Adapteranzahl:** Hierbei handelt es sich um die Anzahl der in der zu prüfenden Übertragungsstrecke vorhandenen Adapter. Bei einer vorkonfektionierten Übertragungsstrecke sind dies 2, bei einer Übertragungsstrecke mit Trunkkabeln und Kassetten sind es 4.
- **Anzahl von Spleissungen:** Die Anzahl der in der Übertragungsstrecke vorhandenen Spleissungen
- **Steckertyp:** Der Typ der in der Übertragungsstrecke verwendeten Stecker; diese Kenngrösse hat informativen Charakter und keinen Einfluss auf die Berechnung der Prüfgrenzwerte.
- **Testmethode:** Für LSPM erfordert das R&Mfreenet Garantieprogramm die «Ein-Messkabel»-Referenzmethode für Permanent Link Messungen

Brechungsindex	850 nm	1300 nm	1310 nm	1550 nm	1625 nm
OM3/OM4/OM5	1,482	1,477			
OS2			1,467	1,467	1,468

LSPM-Messgeräte Berechnungsindex

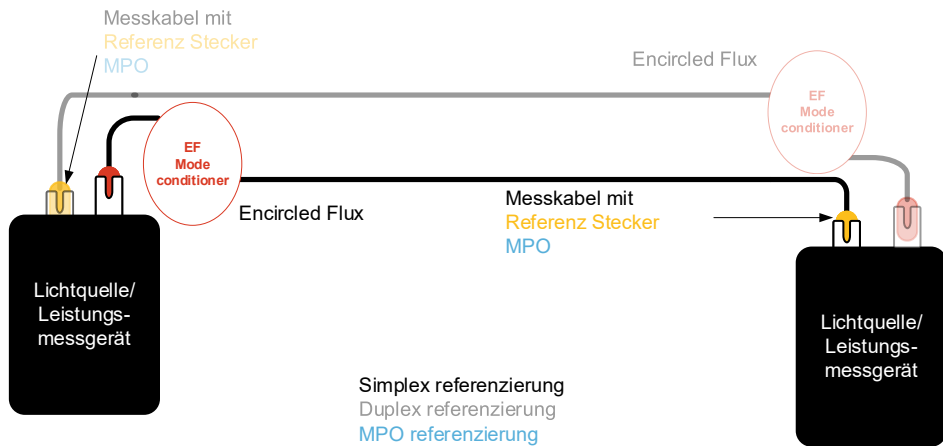
5. Nach der Installation

Referenz

Für LSPM-Prüfverfahren muss eine Referenz zwischen der Lichtquelle und dem Leistungsmessgerät eingestellt werden. Die folgenden Referenzmethoden werden akzeptiert. Die Abbildung zeigt die Referenzierung und den Messprozess mit unidirektionalen (verblasste Verbindungen ignorieren) und mit bidirektionalen (verblasste Verbindungen einbeziehen) Messgeräte.

«Ein-Messkabel»-Methode & «Erweiterte Drei-Messkabel»-Methode

Die zum Setzen der Referenz verwendeten Testreferenzkabel müssen den Anforderungen der Norm entsprechen. Um alle möglichen Steckertypen messen zu können, werden alle Adapter für das LSPM benötigt.

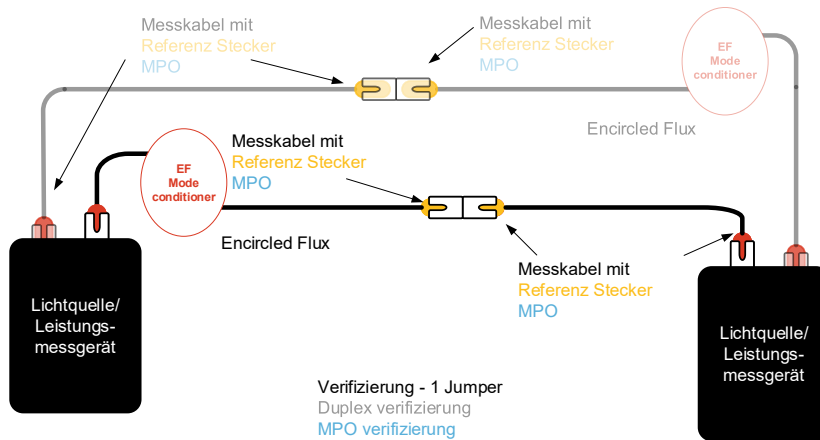


«Ein-Messkabel»-Referenzmethode

Verifizierung

Nach der Referenzierung des LSPM muss kontrolliert werden dass die Verbindung der Testreferenzkabel eine gute Qualität aufweist. Folgenden Testaufbau muss verwendet werden um diese zu prüfen. Für MMF muss die Dämpfung weniger als 0.1dB, für SMF weniger als 0.2dB betragen. Diese Messung muss gespeichert werden und der Prüfdokumentation für den Garantierantrag beigelegt werden. Dieser Schritt sollte nach jeder Referenzeinstellung wiederholt werden oder auch wenn man merkt dass die Messwerte sich nach und nach verschlechtern.

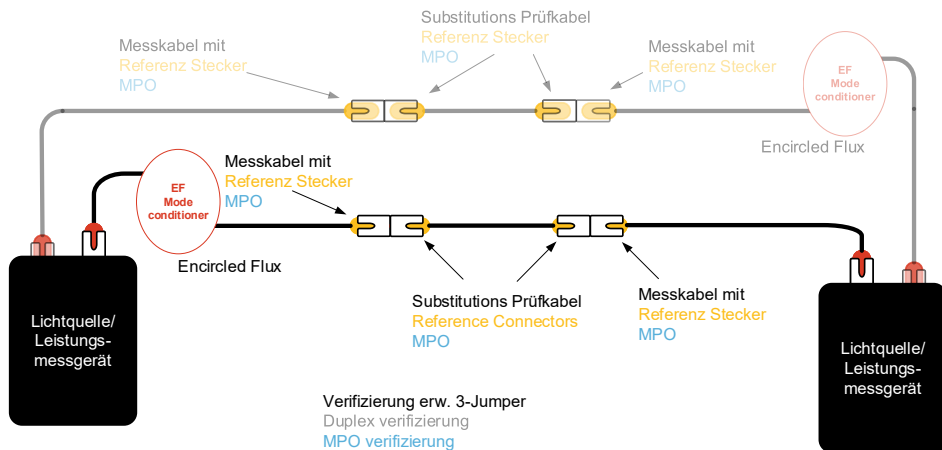
«Ein-Messkabel»-Methode:



Verifizierung «Ein-Messkabel»-Methode

«Erweiterte Drei-Messkabel»-Methode

Diese Methode ist nur dann zulässig, wenn die Verbindung an jedem Ende unterschiedliche Steckertypen hat. Bringen Sie danach eine Substitutionsprüfschnur mit den passenden Referenz-Steckern an. Prüfen Sie danach die Dämpfung. Diese muss bei MMF weniger als 0,2 dB und bei SMF weniger als 0,4 dB betragen.



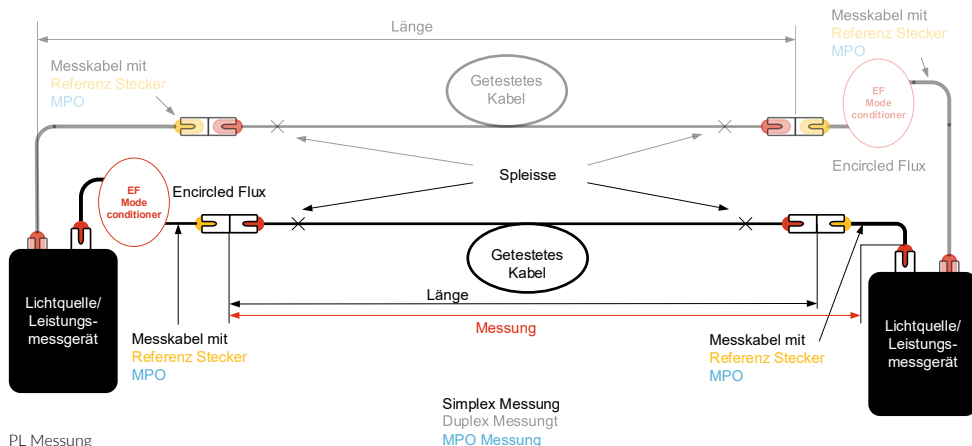
Verifizierung «Drei-Messkabel»-Methode

Wichtig: Keine neue Referenz setzen (Geräte «nullen») mit dem Substitutions Prüfkabel. Dieser Schritt dient nur zur Kontrolle ob die Qualität der Steckverbindungen gut genug ist.

5. Nach der Installation

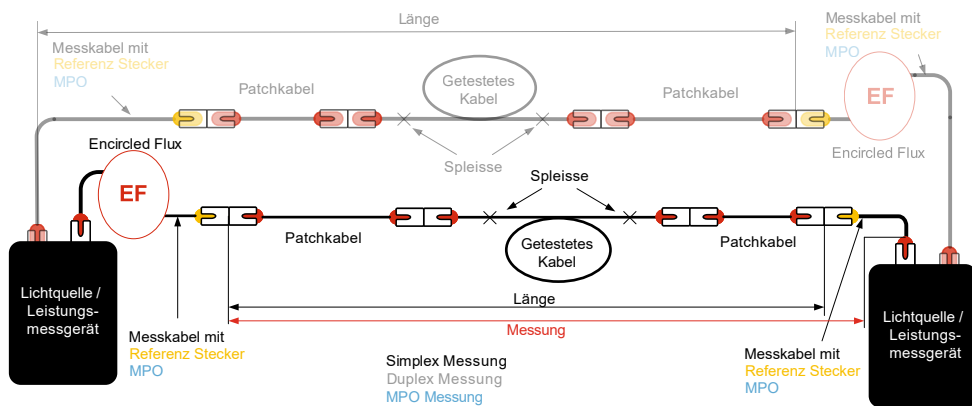
Messung

Nun können Sie die «zu prüfende Verkabelung» messen, indem Sie die Testreferenzkabel an beiden Enden des Links verbinden. Wenn die «Erweiterte Drei-Messkabel»-Methode zur Referenzierung und Validierung verwendet wurde, entfernen Sie das Substitutions Prüfkabel und ersetzen Sie diese durch die Verbindung, die getestet werden soll.



PL Messung

Ein Beispiel für eine Channelmessung:



CH Messung

Beschreibung – Schritt für Schritt

Schritt 1

Ein niedriger Batterieladestand kann sich negativ auf die Messgenauigkeit auswirken. Dieser Einfluss schwankt von Messgerät zu Messgerät. Es empfiehlt sich daher, niedrige Batterieladestände Ihrer Messgeräte zu vermeiden. Machen Sie es sich daher zur Gewohnheit, bei längeren Pausen oder am Ende des Tages Ihr Messgerät aufzuladen. Das LSPM-Messgerät muss sich etwa 15 Min. akklimatisieren, bevor die Lichtquelle eine stabile Leistung bringt.

Schritt 2

Bei einigen Testgeräten können Sie die Parameter einstellen, die dem Messgerät ermöglichen, das Leistungsbudget für die Übertragungsstrecke zu berechnen. Dies sind die Parameter, die oben eingestellt werden, nämlich Prüfgrenzwerte, Fasertyp, Anzahl von Adaptern / Spleisungen, Steckertyp und Brechungsindex.

Schritt 3

Stellen Sie die Referenz ein, also die Ein-Messkabel-Referenz mit einem Prüfkabel zwischen Lichtquelle und Leistungsmessgerät (Referenzstecker)

Schritt 4/5

Entfernen Sie das Prüfkabel vom Leistungsmessgerät und fügen Sie ein weiteres Prüfkabel zwischen Leistungsmessgerät und Prüfkabel für die PL-Prüfung hinzu. Stellen Sie sicher, dass beide Referenzstecker über einen SMF-Koppler miteinander verbunden sind.

Diese Messung dient dazu, die Qualität der Referenzstecker an den Prüfkabeln zu überprüfen; sie sollten besser sein als MMF IL $\leq 0,10$ dB, RL ≥ 35 dB, SMF IL $\leq 0,20$ dB, RL PC ≥ 45 dB / APC ≥ 60 dB.

Dieser Schritt sollte regelmässig durchgeführt werden oder immer, wenn eines der Prüfkabel ersetzt wird. Entfernen Sie für Channel-Prüfungen das Gerätekabel vom Leistungsmessgerät und fügen sie ein weiteres Gerätekabel am Leistungsmessgerät hinzu. Bei Channel-Prüfungen ist keine Verifizierungsprüfung erforderlich.

Schritt 6

Führen Sie die IRA (Inspizieren, Reinigen, Anschliessen) der Endflächen von Übertragungsstrecke und Prüfkabeln durch. Messen Sie die zu prüfende Übertragungsstrecke und achten Sie dabei darauf, dass die Nomenklatur und die Beschriftung den Anforderungen und Standards entsprechen. Überprüfen Sie, ob es keine defekte oder beschädigte Teile gibt.

Schritt 7

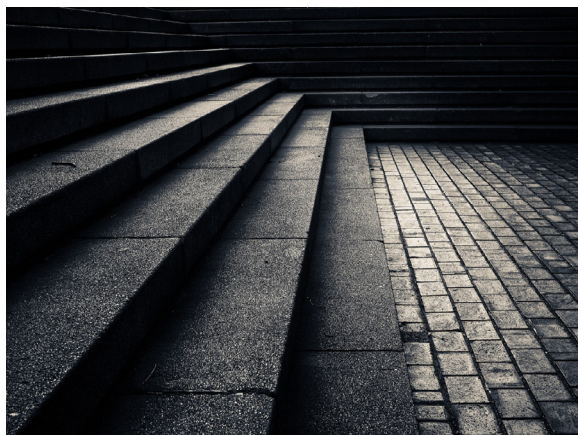
Analysieren Sie die Testergebnisse und prüfen Sie, ob sie mit den Projektanforderungen und den Leistungsdaten der Komponenten übereinstimmen. Bei Channel-Prüfungen lassen Sie beide Gerätekabel mit der Übertragungsstrecke verbunden und wiederholen das Vorgehen von Schritt 3.

Schritt 8

Speichern Sie die guten Testergebnisse mit der korrekten Nomenklatur im richtigen Ordner.

Schritt 9

Erstellen Sie aus den ausgewerteten Messungen eine Projektdokumentation für den Kunden wie es im Kapitel Dokumentation der Glasfasermessungen beschrieben ist



Donald Chodeva – unsplash.com

5. Nach der Installation

5.3.6 OTDR-Prüfung

Messrichtung

Multimode- und Singlemodefaser-Übertragungsstrecken müssen bidirektional gemessen werden, da es möglicherweise Unterschiede bei den Kerndurchmessern und Rückstreukoeffizienten der Prüfkabel und der installierten Verkabelung gibt.

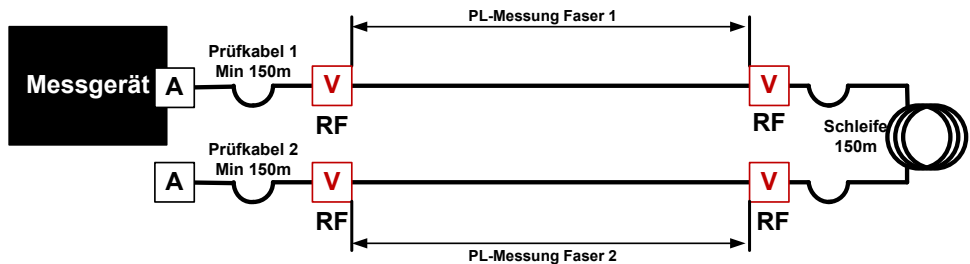
Sind auf der installierten Strecke Spleissungen oder weitere Steckverbindungen vorhanden, so muss gemäss ISO/IEC 14763-3 & IEC 61280-4-1&2 zwingend bidirektional gemessen werden. Ausserdem müssen bei bidirektionalen Messungen Vorlauf- und Nachlauffaser stecken gelassen werden und nur das OTDR ist zu verschieben, damit eine saubere Mittelung der Werte möglich ist.

Die Vorlauffaser von Messung A-B wird somit zur Nachlauffaser der Messung B-A und umgekehrt. Der Unterschied der Glaseigenschaften kann zu optimistischen Ergebnissen auf der einen und zu negativen Ergebnissen auf der anderen Seite führen, sodass es nicht möglich ist, den tatsächlichen Verlust eines Ereignisses zu ermitteln bei unidirektionalen Messungen.

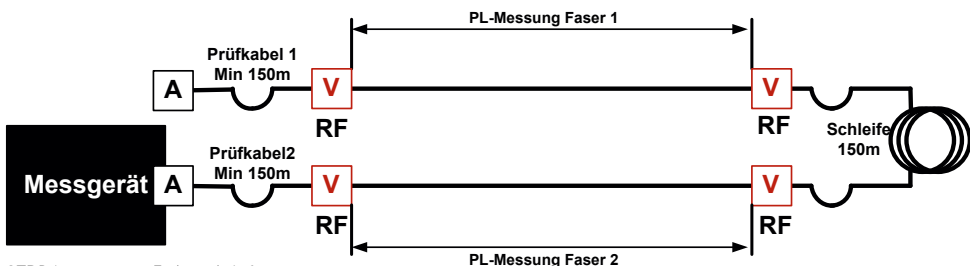
Unidirektionale Messungen sind nur erlaubt, wenn auf der gemessenen Strecke keine Spleissungen oder weitere Steckverbindungen vorhanden sind. Ausserdem müssen Vorlauffaser und Nachlauffaser die gleichen Fasereigenschaften wie die installierte Strecke aufweisen.

Schleifenmessung / Loopmessung

Loopmessungen sind unter folgenden Bedingungen – min. 150m – zulässig, wobei die Schleife/ Loop an beiden Enden Referenzstecker haben muss. Das bedeutet, dass Sie eine Duplex-Übertragungsstrecke gleichzeitig prüfen können; mehrere Schleifen/Loops in Reihe gesteckt, sind für Garantianträge nicht zulässig. Es ist unbedingt zu beachten, dass bei Loopmessungen die Polarität der installierten Verkabelung nicht kontrolliert werden kann und dass deren Überprüfung zum Beispiel mit einer Rotlichtquelle separat vorgenommen werden muss.



OTDR-Loopmessung Anfang nach Ende



OTDR-Loopmessung Ende nach Anfang

Einstellungen

Messbereich

Der Bereich ist so einzustellen, dass er mindestens alle Prüfkabel und die gesamte zu prüfende Verkabelung abdeckt, d.h. wenn Sie 2 Prüfkabel von 500m haben und die längste zu prüfende Übertragungsstrecke 350m lang ist, muss der Bereich mindestens 1350m sein.

Dynamischer Bereich

Der dynamische Bereich bestimmt die maximale zu beobachtende Länge einer Faser und ist eine OTDR-spezifische Kenngrösse. Es handelt sich um eine Extrapolation der Rückstreuungskurve im Vergleich zum Störpegel; je besser das SNR (Signal to Noise Ratio / Signal Rauschabstand), desto besser die Erkennung von Messkurve und Ereignis. Wenn Sie Fasern mit hoher Dämpfung prüfen müssen, sei es aufgrund der Länge oder der Menge der Ereignisse, empfiehlt es sich, mit dem Messgerätehersteller zu klären, ob das Gerät geeignet ist.

Wellenlänge

Jede Übertragungsstrecke MUSS in den oberen und unteren Frequenzfenstern geprüft werden, daher MMF bei 850nm und 1300nm und SMF bei 1310nm und 1550nm. Möglicherweise benötigt der Endkunde Prüfungen weiterer Wellenlängen wie zum Beispiel 1625 nm.

Pulsbreite

Die Pulsbreite gibt einen Hinweis darauf, wie viel Leistung in die Faser geschickt wird; je grösser die Pulsbreite, desto mehr Leistung wird übertragen. Eine grosse Pulsbreite ermöglicht Ihnen, weiter in das Kabel vorzudringen, bedeutet aber auch, dass die Breite der Reflexionen grösser wird. Eine breitere Reflexion versteckt auch in stärkerem Masse das Rückstreuungssignal, d.h. sie vergrössert die Ereignis- und Dämpfungstotzone. Die Pulsbreite muss der Leitungslänge angepasst werden. Nötigenfalls im Messgerät die Pulsbreite auf «Automatisch» stellen und den Messbereich möglichst genau an die Leitungslänge anpassen.

Durchschnittliche Messzeit

Diese Funktion legt die Zeit fest, die benötigt wird, um die Übertragungsstrecke zu prüfen; je länger die Zeit, desto besser das SNR und die Charakterisierung der Messkurve. Die gewählte Zeit sollte eine gute Analyse der zu prüfenden Verkabelung ermöglichen. Diese Zeit hängt von der Ausrüstung ab, aber die allgemein akzeptable Zeit beträgt 20 Sek.

Neuere OTDR-Messgeräte benötigen grundsätzlich weniger Zeit für eine gute Charakterisierung als ältere. Mit 20 Sekunden ist man auf der sicheren Seite, auf neueren Geräten reichen oft auch nur 10 Sekunden.

Brechungsindex für R&M freenet LWL-Kabel

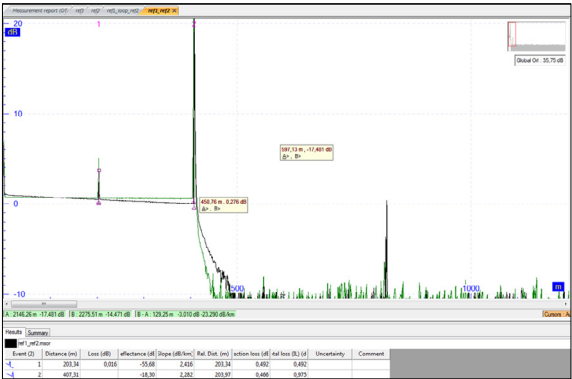
Brechungsindex	850 nm	1 300 nm	1310 nm	1550 nm	1625 nm
OM3/OM4/OM5	1,482	1,477			
OS2			1,467	1,467	1,468

FO cable index of refraction

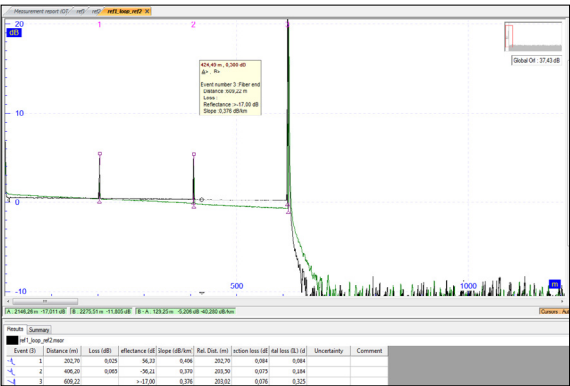
5. Nach der Installation

Prüfung der Prüfkabel

Um die Bedingungen für die Glasfaserprüfung einzuhalten, müssen Sie überprüfen, ob die von Ihnen verwendeten Prüfkabel (Vorlauf, Nachlauf & Loop falls vorhanden), den Spezifikationen entsprechen. Diese Überprüfung muss zu Beginn jeder Prüfsequenz durchgeführt und dokumentiert werden.



Prüfkabel 1&2 Referenzstecker Überprüfung



Prüfkabel 1, 2 und Schleife (Loop) Referenzstecker Überprüfung

Die Dämpfung muss für **MMF kleiner als 0.1 dB** und für **SMF kleiner als 0.2 dB** sein. Speichern Sie die gemessenen Kurven und deren Werte und fügen Sie diese der Prüfdokumentation für den Garantierantrag bei. Wiederholen Sie diesen Schritt nach jeder Referenzmessung oder wenn Sie feststellen, dass die Messergebnisse schlechter werden.

Beim Prüfen von Übertragungsstrecken mit APC-Steckern, ist es schwierig, den Anfang und das Ende der Prüfkabel und der zu prüfenden Übertragungsstrecken zu ermitteln, da es bei den Steckverbindungen keine Ausschläge gibt. Es ist nicht so wie auf den obigen Bildern gut ersichtlich wo die Steckübergänge sind.

5. Nach der Installation

Analyse der Messergebnisse

Wenn Sie die Bedingungen für die Prüfung von Glasfaserübertragungsstrecken erfüllt haben, müssen Sie unbedingt die Ergebnisse analysieren, was umso mehr gilt, wenn ein OTDR verwendet wurde, da Sie alle Elemente der Übertragungsstrecke sehen können. Es gibt 5 bedeutende Elemente, die Sie sich bei der Analyse der OTDR-Messkurve ansehen müssen. Wenn Sie die folgenden Schritte ausführen, können Sie sich eine Fehlersuche ersparen, wenn sie nicht erforderlich ist. Die folgende Prüfsequenz basiert auf bewährten Praktiken und der Wahrscheinlichkeit der verbreitetsten Fehler.

1. Länge

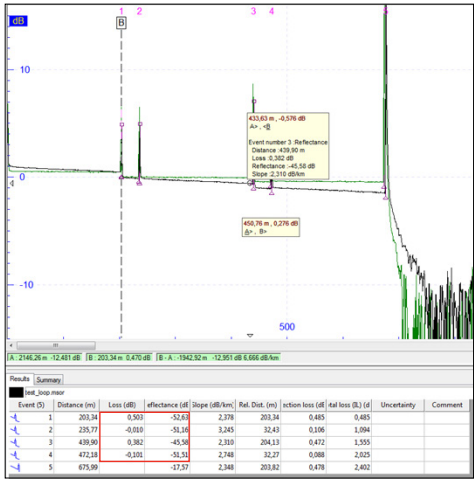
Überprüfen Sie, ob die Länge mit der kombinierten Länge der Prüfkabeln und der zu prüfenden Übertragungsstrecke übereinstimmt. Dies kann bereits erfolgen, während die Prüfung läuft, und wenn die Länge der Messkurve kürzer ist, wissen Sie bereits, dass die Übertragungsstrecke unterbrochen und fehlerhaft ist. Wenn Sie beispielsweise eine zu prüfende Übertragungsstrecke von 150m haben und 2 Prüfkabel von 150m verwenden, muss Ihre Messkurve etwa 450m sein. Ist Ihre Messkurve nur 300m lang, wissen Sie, dass es ein Problem auf der entfernten Seite gibt, dass nämlich entweder die Polarität falsch ist oder ein Problem mit Stecker/Spleissung vorliegt. Wenn in diesem Stadium ein Problem vorliegt, können Sie die Prüfung bereits abbrechen und das Problem lösen. Es gibt keinen Grund, mit der Durchführung der gesamten Prüfung Zeit zu verlieren.

2. Profil

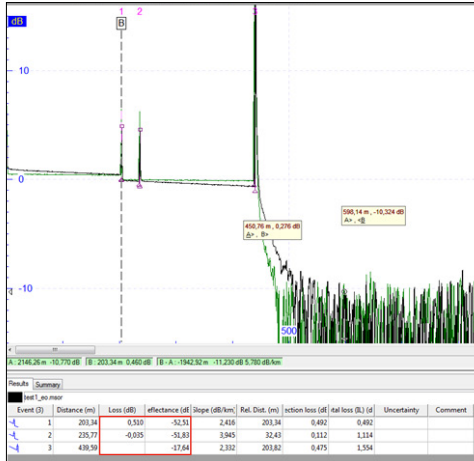
In der Regel wünschen Sie sich einen Verlauf ohne hohe Spitzenwerte. Je höher der Spitzenwert, desto schlechter ist die Rückflussdämpfung des Ereignisses, insbesondere beim Prüfen einer Übertragungsstrecke mit APC-Steckern. Zudem kann diese Analyse erfolgen, während die Prüfung läuft. Wenn Sie einen ungewöhnlich hohen Spitzenwert erkennen, wo sich eine Spleissverbindung befindet, muss die Spleissung erneuert werden. Wenn ein Adapter einen hohen Spitzenwert aufweist, deutet dies entweder auf einen verschmutzten Stecker hin, was meistens der Fall ist, oder auf einen beschädigten Stecker/Adapter. Auch in diesem Fall können Sie die Prüfung hier bereits abbrechen, wenn es ein Problem gibt.

3. Anzahl von Ereignissen

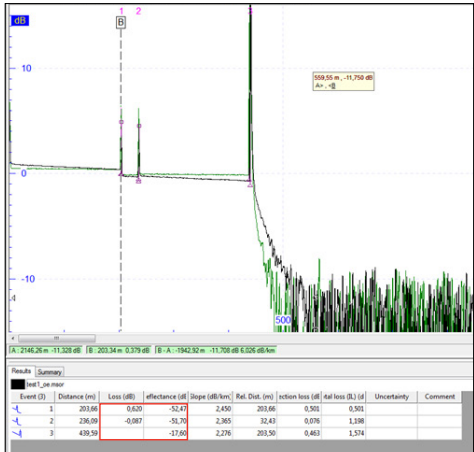
Wenn die Prüfung abgeschlossen ist, können Sie sich die einzelnen Ereignisse ansehen. Zunächst einmal muss die Anzahl der Ereignisse der Anzahl der Elemente der zu prüfenden Übertragungsstrecke entsprechen, d.h. der Menge von Adaptern, Spleissungen (Pigtail-Spleissungen sind oft nicht erkennbar, da die vorgehende Steckverbindung eine kleine Dämpfungstotzone erzeugt. Je nach Einstellung des OTDR (Pulsbreite) werden die Dämpfungstotzonen grösser oder kleiner). Wenn Sie beispielsweise eine Übertragungsstrecke mit Pigtails an beiden Enden haben und 3 Ereignisse feststellen, von denen eines eine Dämpfung in der Mitte der Übertragungsstrecke ist, dann haben Sie ein Problem.



Loop Messung aus einer Richtung



MM Messung Anfang nach Ende



MM Messung Ende nach Anfang

5. Nach der Installation

4. Ereignissignatur

Vergewissern Sie sich, dass jeder Ereignisparameter denen entspricht, die im Datenblatt des Herstellers angegeben sind. Denken Sie daran, den Durchschnitt zu bilden, wenn Sie bidirektionale Messungen durchführen. Sie sind für alle SMF-Übertragungsstrecken und alle MMF-Übertragungsstrecken obligatorisch. Messen Sie vorkonfektionierte Strecken die keine Spleissungen enthalten und die selben Fasereigenschaften wie ihre Prüfkabel aufweisen, können Sie unidirektionale Messungen durchführen.

Grenzwerte beim Messen von Glasfaser Steckverbindern (dB)		
Norm	ISO/IEC 11801-1 ISO/IEC 14763-3	ISO/IEC 11801-1 ISO/IEC 14763-3
Singlemode	Stecker Dämpfung (dB)	Rückfluss Dämpfung (dB)
Stecker APC Referenz – Referenz	≤ 0.20	≥ 60
Stecker APC Referenz – Zufällig	≤ 0.75	≥ 60
Stecker APC Zufällig – Zufällig	≤ 0.75	≥ 60
Stecker PC Referenz – Referenz	≤ 0.20	≥ 45
Stecker PC Referenz – Zufällig	≤ 0.75	Nicht vorhanden Empfehlung ≥ 35
Stecker PC Zufällig – Zufällig	≤ 0.75	≥ 35
Stecker MPO Zufällig – Zufällig	Nicht vorhanden Empfehlung ≤ 0.75	Nicht vorhanden Empfehlung ≥ 60
Multimode	Stecker Dämpfung (dB)	Rückfluss Dämpfung (dB)
Stecker PC Referenz – Referenz	≤ 0.10	≥ 35
Stecker PC Referenz – Zufällig	≤ 0.50	Nicht vorhanden Empfehlung ≥ 35
Stecker PC Zufällig – Zufällig	≤ 0.75	≥ 20
Stecker MPO Zufällig – Zufällig	Nicht vorhanden Empfehlung ≤ 0.75	Nicht vorhanden Empfehlung ≥ 26

Grenzwerte-Steckerdämpfung

5. Kabel

Das letzte zu überprüfende Element ist die Kabeldämpfung; dies ist bei kurzen Übertragungsstrecken mitunter nicht immer möglich. Wenn die Übertragungsstrecke zu kurz ist, um einen vertrauenswürdigen Wert der Kabeldämpfung zu erhalten, können Sie sich immer noch auf die gesamte Dämpfung der Übertragungsstrecke beziehen, um zu ermitteln, ob sie in Ordnung ist. Bei SMF-Übertragungsstrecken machen sich erhöhte Dämpfungen von Makro- und Mikrobiegungen bei 1550 nm und 1625 nm im Gegensatz zu 1310 nm sofort in der Messkurve bemerkbar.

Beschreibung – Schritt für Schritt

Schritt 1

Ein niedriger Batterieladestand kann sich negativ auf die Messgenauigkeit auswirken. Dieser Einfluss schwankt von Messgerät zu Messgerät. Es empfiehlt sich daher, niedrige Batterieladestände Ihrer Messgeräte zu vermeiden. Machen Sie es sich daher zur Gewohnheit, bei längeren Pausen oder am Ende des Tages Ihr Messgerät aufzuladen. Das OTDR-Messgerät muss sich etwa 15 Min. akklimatisieren, bevor der Laser eine stabile Leistung bringt.

Schritt 2

Der Bereich ist so einzustellen, dass er mindestens alle Prüfkabel und die gesamte zu prüfende Verkabelung abdeckt, d.h. wenn Sie 2 Prüfkabel von 500m haben und die längste zu prüfende Übertragungsstrecke 350m lang ist, muss der Bereich mindestens 1350m oder der nächst höhere Bereich sein, zum Beispiel 2 km.

Schritt 3

Die Pulsbreite gibt einen Hinweis darauf, wie viel Leistung in die Faser geschickt wird; je grösser die Pulsbreite, desto mehr Leistung wird übertragen. Eine grosse Pulsbreite ermöglicht Ihnen, weiter in das Kabel vorzudringen, bedeutet aber auch, dass die Breite der Reflexionen grösser wird. Eine breitere Reflexion versteckt auch in stärkerem Masse das Rückstreusignal, d.h. sie vergrössert die Ereignis- und Dämpfungstotzone. Für R&Mfreenet Garantieanträge muss sie kleiner als 20ns sein.

Schritt 4

Die Messdauer legt die Zeit fest, die benötigt wird, um die Übertragungsstrecke zu prüfen; je länger die Zeit, desto besser das SNR (Signal to Noise Ratio – Signal Rauschabstand) und die Charakterisierung der Messkurve. Die gewählte Zeit sollte eine gute Analyse der zu prüfenden Verkabelung ermöglichen. Diese Zeit hängt von der Ausrüstung ab, aber die allgemein akzeptable Messzeit beträgt je nach Messgerät zwischen 10-20 Sekunden.

Schritt 5

Brechungsindex	850 nm	1300 nm	1310 nm	1550 nm	1625 nm
OM3/OM4/OM5	1,482	1,477			
OS2			1,467	1,467	1,468

5. Nach der Installation

Schritt 6

Messen Sie die Prüfkabel gegeneinander und speichern Sie diese Messkurve ab. Diese Messung dient dazu, die Qualität der Referenzstecker an den Prüfkabeln zu überprüfen; sie sollten besser sein als MMF IL $\leq 0,10$ dB, SMF IL $\leq 0,20$ dB und PC MMF/SMF RL ≥ 45 dB, APC SM RL ≥ 60 dB. Dieser Schritt sollte täglich durchgeführt werden oder immer, wenn eines der Prüfkabel ersetzt wird.

Schritt 7

Messen Sie die zu prüfende Übertragungsstrecke und achten Sie dabei darauf, dass die Benennung / Bezeichnung und die Beschriftung der zu messenden Strecken den Anforderungen entsprechen. Es ist äusserst wichtig, dass Sie die Dateibenennungsfunktionen des Messgeräts benutzen (Cable ID, Fibernumber, Lamda, Direction etc.) und nicht einfach den Dateinamen im Nachhinein am PC umbenennen. Die meisten OTDR speichern diese Informationen in der Messdatei ab. Beim Umbenennen am PC, kann das beim Auswerten per OTDR Software zu Problemen führen, da es ohne die oben genannten Datei Informationen Schwierigkeiten bei der Zuordnung der Messresultate gibt.

Schritt 8

Analysieren Sie die Testergebnisse und prüfen Sie, ob sie mit den Projektanforderungen und den bekannten Leistungsdaten der Komponenten übereinstimmen. Überprüfen Sie, ob es keine defekte, oder beschädigte Teile gibt. Führen Sie IRA (Inspizieren, Reinigen, Anschliessen) der Endflächen von Übertragungsstrecke und Prüfkabeln durch.

Schritt 9

Speichern Sie die guten Testergebnisse mit der korrekten Benennung im richtigen Ordner.

Schritt 10

Erstellen Sie aus den ausgewerteten Messungen eine Projektdokumentation für den Kunden, beschrieben im nächsten Kapitel «Dokumentation der Glasfasermessungen».

5.3.7 Dokumentation der Glasfasermessungen

Es ist leider oft der Fall, dass die Projektleiter oder die Messtechniker denken nach dem Abspeichern der Messungen auf dem Gerät sei die Arbeit erledigt. Dies ist bei Glasfasermessungen jedoch nicht so, da man die Messungen danach am PC mit der Analysesoftware noch bearbeiten und danach dokumentieren muss. Ansonsten hat man nur Rohdaten mit denen der Kunde nicht wirklich viel anfangen kann.

Am Beispiel von Fluke ist die zugehörige Software zum Auswerten die bekannte Linkware. Man lädt die gemessenen Dateien vom Gerät auf den PC und bearbeitet sie mit Linkware. Die Software ermöglicht nun die Messungen zu kontrollieren, sauber zu ordnen und die Dokumentation des gemessenen Projektes zu erstellen.

Die Vielzahl der heute erhältlichen Glasfaser Messgeräte bringt auch eine Vielzahl an Auswertungssoftware mit sich. Grundsätzlich sollte man sich mit der Anschaffung eines Glasfaser Messgerätes auch die dazu passende Auswertungssoftware besorgen. Fast noch wichtiger ist, sich schulen lassen um diese Software dann auch korrekt benutzen zu können. Nehmen Sie unbedingt Kontakt mit Ihrem Messgeräte Verkäufer auf, falls Sie keine Schulung zu der entsprechenden Auswertungssoftware bekommen haben oder sprechen Sie diesen bei einem Kauf eines neuen Gerätes direkt darauf an.

Vorgehensweise Dokumentierung von Glasfaser Messungen

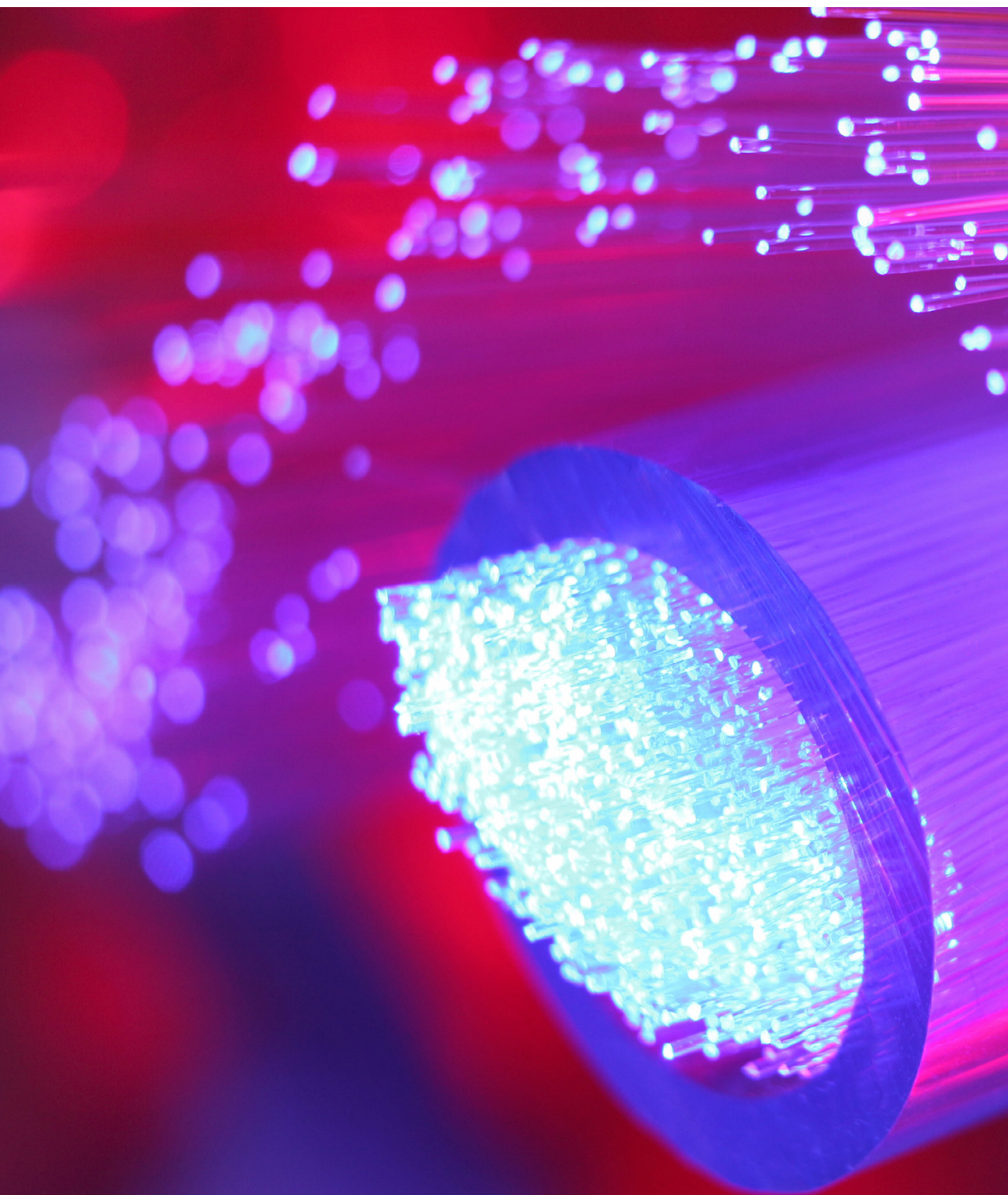
Die Messungen sind vom Gerät in die Software (PC) zu exportieren. Sind die Messungen so erfolgt, wie wir in den vorhergehenden Kapiteln beschrieben, ist der grösste Teil der Arbeit bereits erledigt. Bei der Dokumentation von OTDR und LSPM Messungen sind folgende Punkte zu beachten. Bei LSPM Messungen können diverse Schritte der aufgeführten Vorgehensweise vernachlässigt werden.

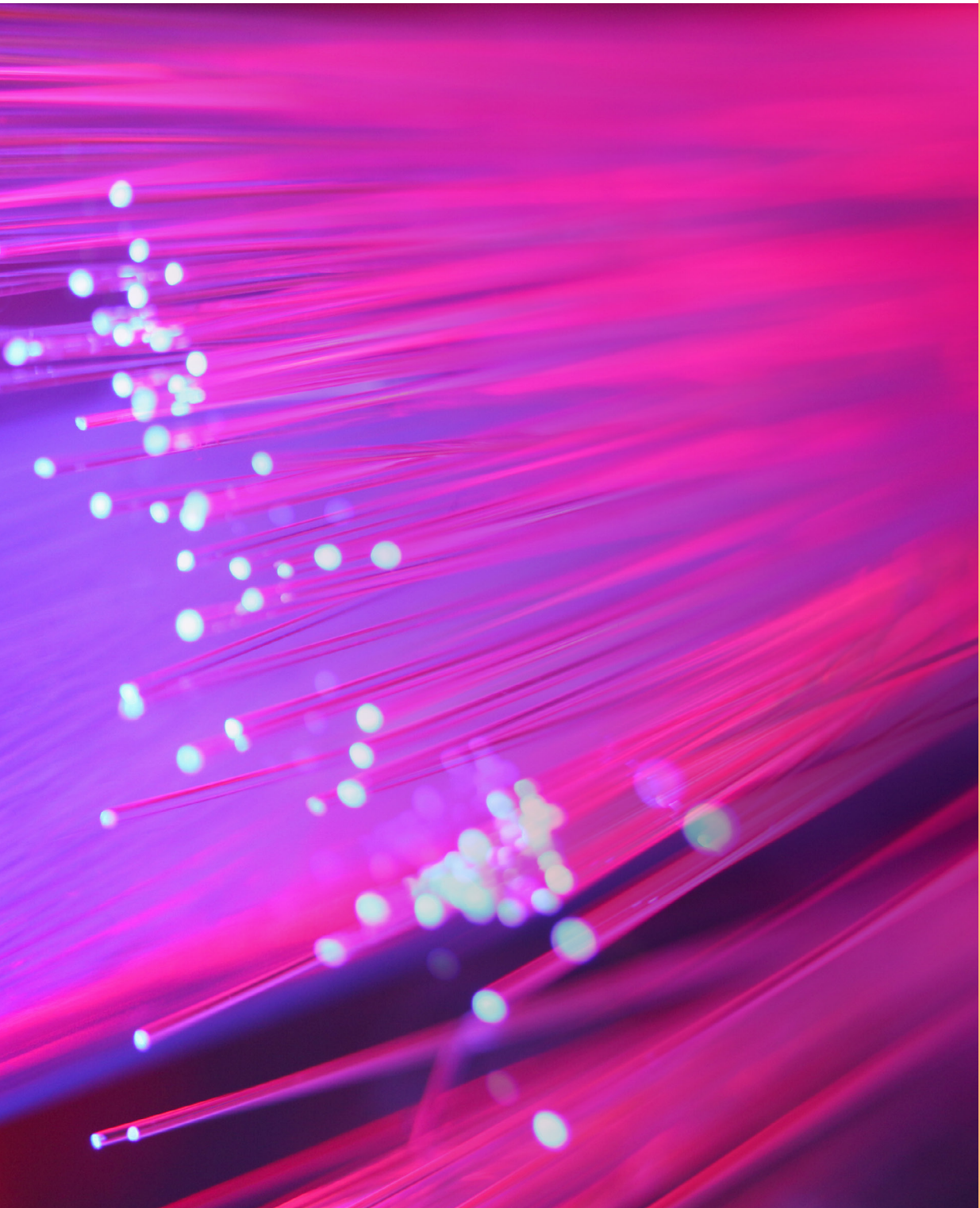
5. Nach der Installation

Schritt	Beschreibung
1.	Importieren Sie die Messdaten und öffnen Sie diese mit der Bearbeitungssoftware.
2.	Stellen Sie in der Software die Grenzwerte ein, welche die Norm verlangt. Falls es Kundenspezifische Grenzwerte sein sollen, nehmen Sie diese. Für Garantieanträge verlangen wir, dass mindestens die Grenzwerte der Messnorm ISO/IEC 14763-3 und der ISO/IEC 11801-1 eingehalten werden.
3.	Kontrollieren Sie die Messkurven und deren Ereignisse und bearbeiten Sie diese, wenn nötig. Bei OTDR Messungen kann es vorkommen, dass das Messgerät nicht alle Ereignisse von selbst erkennt. Saubere und hochwertige Singlemode APC Verbindungen sind häufig so gut, dass kein Ereignis erkannt wird.
4.	Schauen Sie, dass bei bidirektionalen Messungen die Mittelung der Messwerte gemacht werden kann. Wenn die Ereignisse nicht am richtigen Ort gesetzt sind kann das Programm die Mittelung der Werte nicht durchführen. In diesem Fall führen Sie für die betroffenen Messungen Schritt 3 nochmals durch.
5.	Setzen Sie die Curser A-B / B-A an den Anfang und das Ende der Strecke. Anfang = Übergang Vorlauf zu Strecke / Ende = Übergang Strecke zu Nachlauf
6.	Führen Sie Schritt 3-4 für jede getestete Faser durch. Die meisten Auswertungsprogramme können die Ereignisse einer Faser für weitere übernehmen um Zeit zu sparen, sofern diese die gleichen Eigenschaften und Ereignisse aufweisen.
7.	Kontrollieren Sie ob alle Fasern die gesetzten Grenzwerte erfüllen.
8.	Erstellen Sie über die Software einen Bericht von dem bearbeiteten Projekt. Praktisch alle Auswertprogramme können PDF's und EXCEL Tabellen generieren. Nutzen Sie diese Funktion um dem Kunden eine saubere Dokumentation auszuhändigen.
9.	Fügen Sie dem Bericht die gewünschten Projektbeschreibungen, Firmeninformationen und Kundeninformationen hinzu. Erstellen Sie ein Titelblatt oder eine Gesamtübersicht, wenn Sie möchten.
10.	Erstellen Sie ein Sammelverzeichnis oder ein Zip in dem Sie die Messdateien, die Auswertung und die Dokumentation des Projektes sammeln. Übergeben Sie diese dem Kunden sowie uns für die Garantieanträge.

Fiber optic documentation procedure







6. Glossar

A

ACR (Attenuation to Crosstalk Ratio, Dämpfung-Übersprech-Verhältnis)

ACR ist die Differenz zwischen dem NEXT-Wert in dB und der Dämpfung in dB. Ein hoher ACR-Wert bedeutet, dass die empfangenen Signale erheblich stärker sind als das Übersprechen, und entspricht einem hohen NEXT-Wert und einer niedrigen Dämpfung.

American National Standards Institute (ANSI)

Nationales Standardisierungsgremium der USA. ANSI entwickelt und publiziert Standards. ANSI ist der amerikanische Vertreter und stimmberechtigtes Mitglied der ISO.

American Wire Gauge (AWG)

US-amerikanisches Standardmass zur Bezeichnung des Durchmessers von Leitern aus Kupfer, Aluminium und anderen Materialien.

AWG	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
Ø (mm)	1.013	0.866	0.772	0.688	0.610	0.546	0.485	0.432	0.384	0.358	0.318	0.284	0.251

ANEXT/AFEXT (Alien Near End/Far End Crosstalk, Fremdnahübersprechen)

Fremdübersprechen (Alien Crosstalk, AXT) bezeichnet aus einem oder mehreren nebeneinander laufenden Kabeln stammende elektromagnetische Einstreuungen in ein Kabel. Der Wortbestandteil »Fremd...« drückt aus, dass diese Art des Übersprechens zwischen unterschiedlichen Kabeln innerhalb einer Gruppe oder eines Bündels und nicht zwischen einzelnen Adern oder Stromkreisen innerhalb eines einzelnen Kabels stattfindet.

Anschlusskabel

Rangierkabel, das eine Endeinrichtung mit dem Geräteanschluss am Arbeitsplatz verbindet.

Arbeitsplatz

Gebäudebereich, in dem Beschäftigte an Telekommunikationsendgeräten arbeiten. Ein typischer Arbeitsplatz eines Anwenders ist neun Quadratmeter gross.

B

Bandbreite

Frequenzbereich, der zur Übertragung der Informationen über einen Kanal zur Verfügung steht. Der Wert gibt die Übertragungskapazität eines Kanals an. Je grösser die Bandbreite, desto mehr Informationen können über die Verbindung übertragen werden. Die Angabe erfolgt in Hertz (Hz), Bit/s oder MHz.km (bei Glasfasern).

Biegeradius

Radius einer Krümmung, den die Glasfaser oder das Kupferkabel ohne Bruchgefahr oder übermässige Dämpfung aushält.

BER (Bit Error Rate, Bitfehlerrate)

Mass zur Bewertung der Qualität einer digitalen Übertragungsleitung. Die Angabe erfolgt in Prozent oder als Verhältnis der fehlerhaft empfangenen zu den insgesamt empfangenen Bits. Ein typischer Wert ist ein Fehler in 108 oder 109 übertragenen Bits. Je weniger Bitfehler auftreten, desto besser ist die Qualität der Verbindung.

C

CENELEC

Europäisches Komitee für elektrotechnische Normierung.

CENELEC EN 50173

Von CENELEC ausgearbeitete europäische Norm für die Planung und Installation informationstechnischer Verkabelungssysteme.

Channel (Kanal)

Ende-zu-Ende-Übertragungspfad, der zwei anwendungsspezifische Geräte miteinander verbindet. Auch die Anschlusskabel der technischen Geräte und des Arbeitsplatzes sind Bestandteil des Channel.

D

Dämpfung

Mit Dämpfung wird allgemein die Minderung der übertragenen Energie eines Signals im Verlauf einer Übertragungsstrecke bezeichnet.

Dezibel (dB)

Einheit, mit der Spannungen oder Ströme relativ zu einer Bezugsgrösse bzw. die Verstärkung oder Dämpfung von Spannungen oder Strömen in logarithmischem Massstab angegeben werden.

E

Elektromagnetische Verträglichkeit (EMV)

Die EMV ist definiert als die Fähigkeit eines elektronischen Geräts, einer Anlage oder eines Systems, in einer elektromagnetischen Umgebung zufriedenstellend zu arbeiten, ohne dabei selbst elektromagnetische Störungen zu verursachen, die für die in dieser Umgebung vorhandenen Geräte, Anlagen oder Systeme zu gross wären.

F

Fest installiertes Gebäudeverteilungskabel

Kabel, das den Gebäudeverteiler mit den Geräteanschlüssen oder, wenn vorhanden, mit dem lokalen Verteilpunkt verbindet.

FEXT (Far End Crosstalk, Fernübersprechen)

Beschreibt die nicht erwünschte Einkopplung von Signalen aus dem sendenden Aderpaar in das empfangende Aderpaar am fernen Ende der Leitung. Das FEXT wird in dB angegeben. Der FEXT-Wert ist nur für bestimmte Anwendungen von Bedeutung. Im Allgemeinen spielt das Nahübersprechen (NEXT) eine grössere Rolle.

Frequenz

Häufigkeit eines regelmässig während eines bestimmten Zeitraums stattfindenden Vorgangs. Wird in Hertz (Hz) angegeben.

G

Gebäudeverteilungskabel

Kabel, das den Gebäudeverteiler mit den Geräteanschlüssen oder den lokalen Verteilpunkten verbindet.

Gebäude Verteiler (GV)

Verteiler, über den die Verbindungen zwischen dem Teilsystem der Hauptverteilungsverkabelung, dem Teilsystem der Gebäudeverteilungsverkabelung, dem Teilsystem der Netzzugangsverkabelung, den in ISO/IEC11801-1 spezifizierten Verkabelungsteilsystemen und den aktiven Geräten hergestellt werden.

Geräteanschluss (GA) (siehe auch RZ)

Fest installierte Anschlusskomponente für den Anschluss der Gebäudeverteilungsverkabelung und Schnittstelle für die Geräteverkabelung.

6. Glossar

H

Hauptverteiler (HV)

Verteiler, über den die Verbindungen zwischen dem Teilsystem der Hauptverteilungsverkabelung, dem Teilsystem der Netzzugangverkabelung, den in ISO/IEC 11801-1 spezifizierten Verkabelungsteilsystemen und den aktiven Geräten hergestellt werden.

Hauptverteilungskabel

Kabel, das den Hauptverteiler mit dem Gebäudeverteiler verbindet.

Hertz (Hz)

Standardeinheit der Frequenz. 1Hz entspricht einer Schwingung pro Sekunde.

Horizontales Kabel

Kabel, das den Etagenverteiler mit den Telekommunikations-Anschlussdosen verbindet.

I

Impedanz

Frequenzabhängiger Widerstand (Wellenwiderstand) einer Übertragungsleitung, der den Strom durch die Leitung begrenzt.

ISO/IEC 11801

Internationale Norm für Kommunikationsverkabelung – Generelle Anforderungen.

K

Kabeltrasse

Festgelegter Kabelverlauf und/oder Befestigungen in einem Zwischenboden oder einer Zwischendecke.

Kapazität

Eigenschaft von durch ein Dielektrikum getrennten Leitern, die bei einer elektrischen Spannungsdifferenz zwischen den Leitern zur Speicherung elektrischer Ladungen führt. Bei Kupferkabeln sind Kapazitäten unerwünscht, da sie die übertragenen Signale und den gewünschten Stromfluss stören.

Kategorie 3

Industriestandard für Kabel und Anschlusskomponenten mit bis zu 16 MHz spezifizierten Übertragungsparametern, zumeist für Datenraten bis 10 Mbit/s.

Kategorie 5, 5e

Die Kategorie 5e ist eine seit 1999 existierende, erweiterte Version von Kategorie 5, die zusätzliche Parameter für die Vollduplexübertragung über vier Leiterpaare spezifiziert. Es ist eine erweiterte Kategorie 5 für Kabel und Anschlusskomponenten mit bis zu 100 MHz spezifizierten Übertragungsparametern für Datenraten bis 1000 Mbit/s.

Kategorie 6

Industriestandard für Kabel und Anschlusskomponenten mit bis zu 250MHz spezifizierten Übertragungsparametern für Datenraten bis 1 Gbit/s und darüber.

Kategorie 6_A

Industriestandard für Kabel und Anschlusskomponenten mit bis zu 500MHz spezifizierten Übertragungsparametern für Datenraten bis 10 Gbit/s und darüber.

Kategorie 7

Für Kabel und Anschlusskomponenten mit bis zu 600MHz spezifizierten Übertragungsparametern. Kategorie 7 spezifiziert ausschliesslich Kabel. Um die reibungslose Übertragung bei den genannten Frequenzen zu gestatten, sind neue Stecker erforderlich.

Kategorie 7_A

Für Kabel und Anschlusskomponenten mit bis zu 1000MHz spezifizierten Übertragungsparametern. Kategorie 7_A spezifiziert ausschliesslich Kabel. Um die reibungslose Übertragung bei den genannten Frequenzen zu gestatten, sind neue Stecker erforderlich.

Kategorie 8

Für Kabel und Anschlusskomponenten mit bis zu 2000 MHz spezifizierten Übertragungsparametern. Speziell entwickelt für Anwendung im Rechenzentrum. Kann jedoch auch Vorteile im Bürobereich mit sich bringen.

L

Laufzeitdifferenz (Delay Skew)

Die Laufzeitdifferenz bezeichnet den Unterschied der Signallaufzeiten in zwei Aderpaaren des gleichen Kabels.

Laufzeitverzögerung (Propagation Time Delay)

Ein Signal, das eine Übertragungsstrecke von einem Ende zum anderen durchläuft, erfährt eine gewisse zeitliche Verzögerung. Diese Laufzeitverzögerung berechnet sich aus der Länge des Kabels geteilt durch die für das betreffende Übertragungsmedium geltende Ausbreitungsgeschwindigkeit.

Lokales Netzwerk (LAN)

Datenkommunikationsnetz, das aus Host-Rechnern und anderen über Endeinrichtungen vernetzten Geräten (z.B. PCs) besteht. Häufig kommen Twisted-Pair- oder Glasfaserkabel zum Einsatz. Ein LAN erlaubt mehreren Anwendern den gemeinsamen Zugriff auf Daten und Ressourcen. In der Regel ist ein LAN auf ein einziges Gebäude beschränkt.

Lokaler Verteilpunkt (LVP, Local Distribution Point)

Anschlusspunkt innerhalb des Teilsystems der Gebäudeverteilungsverkabelung zwischen Gebäudeverteiler und Geräteanschluss.

Lokaler Verteilpunkt-Link

Übertragungsstrecke zwischen einem lokalen Verteilpunkt und der Schnittstelle am anderen Ende des fest installierten Gebäudeverteilungskabels, inkl. der Anschlusskomponenten an beiden Enden.

M

Mantel / Kabelmantel

Flexible Aussenhülle eines Kabels die die im Innern liegenden farbcodierten Einzelleiter schützt.

N

Nennausbreitungsgeschwindigkeit (NVP, Nominal Velocity of Propagation)

Wenn Signale über ein physikalisches Medium übertragen werden, bewegen sie sich abhängig von Material und Aufbau des Mediums langsamer als das Licht. Der NVP-Wert ist das Verhältnis der Signalgeschwindigkeit im betreffenden Medium zur Lichtgeschwindigkeit im Vakuum. Typischerweise liegt die NVP in Kupferkabeln bei 60% bis 85% der Lichtgeschwindigkeit.

Netzarchitektur

Topologie und Aufbau des Netzwerks.

Netzwerk

Von den jeweiligen Betreibern in Form von Einwahl- und Standleitungen für lokale und Fernverbindungen bereitgestelltes Telekommunikationssystem. System aus Software- und Hardwarekomponenten, die zum Zweck der Datenübertragung miteinander verbunden sind.

Netzzugangskabel

Kabel, das die externe Netzschnittstelle mit dem Hauptverteiler oder dem Gebäudeverteiler verbindet.

6. Glossar

NEXT (Near End Crosstalk, Nahüberprechen)

Beschreibt die nicht erwünschte Einkopplung von Signalen aus dem sendenden Aderpaar in das empfangende Aderpaar am gleichen (= nahen) Ende der Leitung. Das NEXT wird in dB angegeben. Es zeigt an, wie gut die Aderpaare eines Kabels voneinander entkoppelt sind.

P

Paar (Aderpaar)

Zwei (meist durch Verdrillung) zusammengefasste und farbcodierte Leiter. Siehe auch «Symmetrisches paarverdrilltes Kabel (Twisted-Pair-Kabel)».

Paarverdrilltes Kabel, geschirmt (STP)

Elektrisch leitendes Kabel, das aus mindestens einem individuell geschirmten Aderpaar besteht. Eventuell besitzt das Kabel neben der Einzelschirmung der Aderpaare noch eine zusätzliche Schirmung (Kabel mit Gesamtschirmung).

Paarverdrilltes Kabel, ungeschirmt (UTP)

Normales Kupferkabel für Gebäude, das hohe Datenraten übertragen kann. Es gibt Verfahren, um die durch die Kupferadern bedingten Übertragungsverluste sowie die Abstrahlung von UTP-Kabeln zu begrenzen.

Permanent Link

Übertragungsstrecke zwischen zwei Schnittstellen einer universellen Kommunikationsverkabelung ohne Anschlusskabel und Arbeitsplatzkabel.

Power Sum

Ein Verfahren für Test und Messung des Übersprechens in mehrpaarigen Kabeln. Die Summe aller ein Aderpaar beeinträchtigenden Formen des Übersprechens, wenn alle anderen Aderpaare aktiv sind.

R

Rangierung (Cross-Connect)

Kabelverzweiger des strukturierten Verkabelungssystems, in dem die Kommunikationsverbindungen verwaltet werden (d.h. in dem mit Rangierkabeln Verbindungen hinzugefügt und umkonfiguriert werden). Die Rangierung befindet sich in einem Betriebsraum oder im Verteilerraum.

Rauschen (Noise)

Störungen, die in einem Leiter von einer anderen Quelle als dem angeschlossenen Sender verursacht werden. Das Rauschen kann ein Signal so stark beeinträchtigen, dass es verfälscht oder vom Empfänger nicht mehr erkannt wird. Je höher die Datenrate, desto grösser die Auswirkungen des Rauschens.

Rückflusssdämpfung (Return Loss)

Die Rückflusssdämpfung ist ein Mass für die Gleichförmigkeit der Impedanz entlang der Kabelstrecke sowie in Steckverbindern und Rangierkabeln.

S

Sammelpunkt (SP)

Verbindungspunkt in der horizontalen Verkabelung, der zumeist zur Erleichterung der Neuordnung von Möbelgruppen verwendet wird.

Schlaglänge

Steighöhe der Verdrillung von Twisted-Pair-Kabeln. Jeweils zwei einzelne Adern werden zu einem Aderpaar verdrillt. Durch Ändern der Schlaglänge können die NEXT-Werte verbessert werden.

Schirm

Metallische Schicht, die die isolierten Adern eines geschirmten Kabels umgibt. Der Schirm kann als Metallmantel des Kabels oder bei nichtmetallischem Mantel als separate Metallschicht ausgeführt sein. Auch als Schirmung bezeichnet.

Störung

Jegliche Beeinträchtigung eines Signals durch unerwünschte Einflüsse.

Symmetrisches paarverdrilltes Kabel (Twisted-Pair-Kabel)

Kabel, bestehend aus einem oder mehreren voneinander und untereinander elektrisch isolierte Adernpaare (verdrillte Aderpaare oder Sternvierer).

T

TIA

Telecommunications Industry Association, Nordamerikanisches Normungsgremium.

TIA 568x

Nordamerikanische Norm für informationstechnische Verkabelungen in Bürogebäuden.

Telekommunikation Anschluss (TA)

Anschlussdose, die einzelne Arbeitsplätze mit der strukturierten Gebäudeverkabelung verbindet. Meist sind dies achtpolige Modularbuchsen (RJ), an die verschiedene Geräte für Sprach-, Video- und Datenübertragung angeschlossen werden können.

Telekommunikationsraum

Geschlossener Raum zur Unterbringung von Telekommunikationsgeräten, Kabelabschlüssen, Interconnect und Cross-Connect.

U

Übersprechen (Crosstalk)

Elektromagnetische Kopplung zwischen zwei physisch getrennten Stromkreisen in einem System. Über diese Kopplung werden Signale aus einem Stromkreis in einen anderen übertragen, wo sie das dort übertragene Signal stören.

Universelle Kommunikations Verkabelung (UKV)

Strukturiertes informationstechnisches Verkabelungssystem, das viele verschiedene Anwendungen unterstützt. Bei der Installation einer UKV muss nicht bekannt sein, welche Anwendungen dies im Einzelnen sind. Die UKV enthält keine anwendungsspezifische Hardware.

V

Verkabelung

System aus Telekommunikationskabeln, Kabelkanälen und Anschluss Technik, über die IT-Geräte miteinander verbunden werden.

W

Widerstand

Eigenschaft eines Leiters, aus der sich der bei einer gegebenen Potenzialdifferenz fließende Strom ergibt. Der Widerstand begrenzt den Stromfluss und führt zu Leistungsverlusten in Form von Wärme. Er wird in Ohm gemessen.

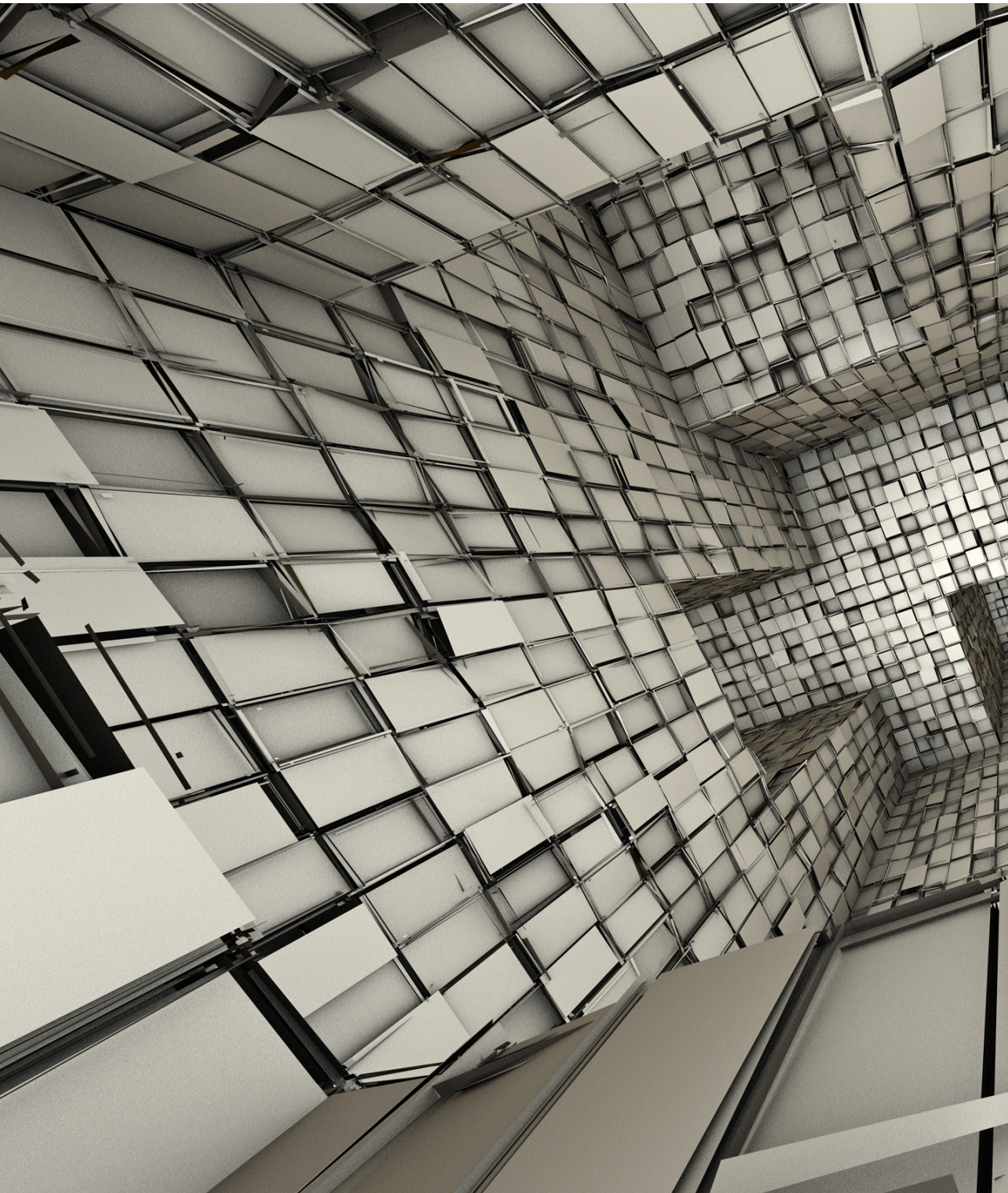
Wire Map Test

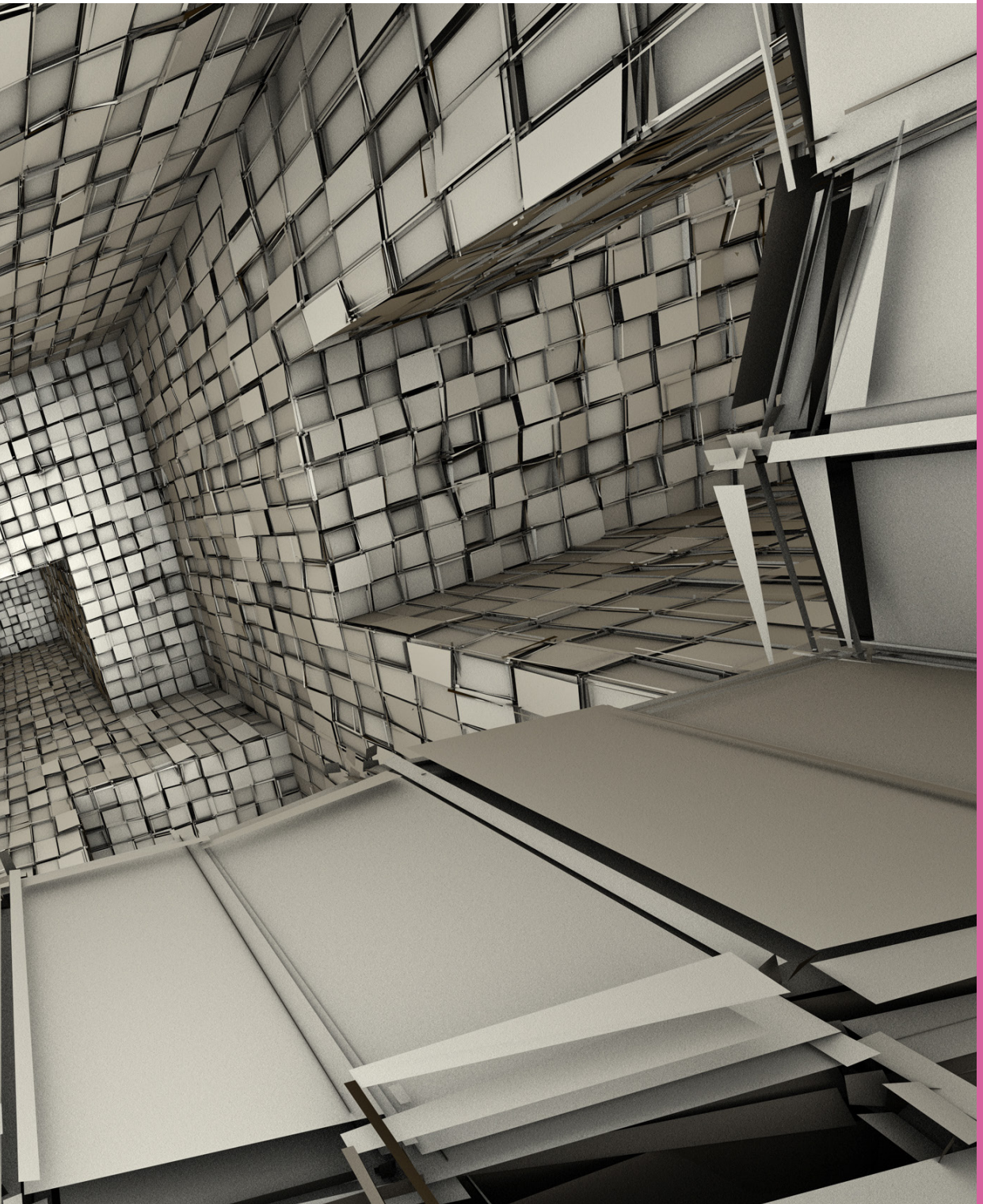
Dieser Test prüft, ob die Pinbelegung der Anschlussmodule auf beiden Seiten gleich ist.

Z

Zugkraft

In Newton (N) angegebene Kraft, die während der Installation auf ein Kabel ausgeübt wird (10 N entsprechen etwa dem Gewicht von 1 kg).

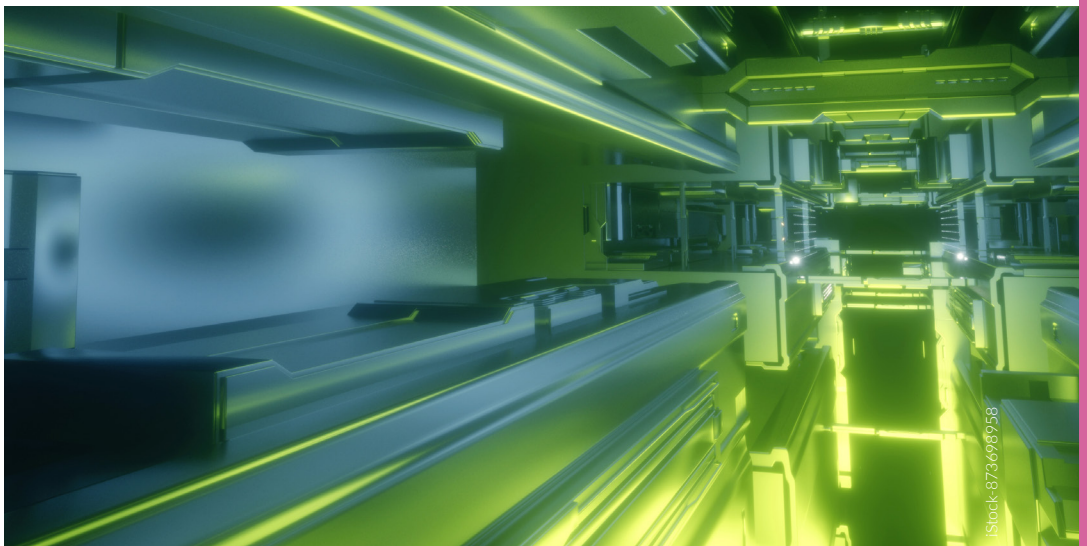




7. Abkürzungen

Abkürzung	Beschreibung
AC	Wechselstrom
APC	Physischer Kontakt mit Schrägschliff
BN	Geerdetes Netzwerk (Bonded Network)
CBN	Gemeinsame Potenzialausgleichsanlage
CRAC	Computer Room Air Conditioning (Telekommunikations Raum Klimatisierung)
DC	Gleichstrom
DC-I	Isolierter DC Kreis
DC-C	Gemeinsamer DC Kreis
EMV	Elektro Magnetische Verträglichkeit
ER	Equipment Raum
HF	Hoch Frequenz
IRA	Inspizieren Reinigen Anschliessen
MEP	Mechanisch, Elektrisch und Sanitär
MMF	Mehrmoden LWL
MPO	Multi-fiber Push-On Stecker
OLT	Optical Line Terminal
OTDR	Optical Time Domain Reflectometer
LSPM / OLTS	Light Source Power Meter / Optical Loss Test Set
ONT	Optical Network Terminal
OTO	Optical Telecommunication Outlet
PC	Physischer Kontakt
PE	Schutzpotenzialausgleich
PoE	Power over Ethernet
RCD	Fehlerstromschutzeinrichtung
RP	Remote Powering
RMS	Root Mean Square
SMF	Einmoden LWL
SNR	Singal to Noise Ratio (Signal Rauschabstand)
SPE	Single Pair Ethernet

Abkürzung	Beschreibung
TN-C	Beide Niederspannungsverteilungen verfügen über eine Einspeisung mit PEN-Leiter
TN-C-S	Beide Niederspannungsverteilungen verfügen über eine separate Einspeisung mit PEN-Leiter
TN-S	Das bedeutet im Prinzip, dass ab dem Trafo bzw. ab der speisenden Stelle der N- und PE-Leiter separat geführt werden und bis zur letzten Steckdose ein durchgängiges 5-Leiternetz
TT	TT (Terra-Terra), Der sternförmig ausgeführte Schutzpotenzialausgleich ist an zentraler Stelle mit dem Schutzleiter des speisenden Netzes zu verbinden.
USV	Unterbrechungslose Strom Versorgung



!Stock-873698958





8. Abbildungsschlüssel

Schlüssel	Beschreibung
A	Adapter
ASG	Anwendungsspezifische Übertragungseinrichtung (Aktivgerät)
AV	Arealverteiler
Core	Core Switch Gerät
EE	Endeinrichtung (Endgerät)
EF	Encircled Flux (Stellt die Modenanregung bei MMF sicher)
EV	Etagenverteiler
GA	Geräteanschluss
GV	Gebäudeverteiler
HV	Hauptverteiler
K	Koppler (R&M Kabelkoppler)
LVP	Lokaler Verteil Punkt
M	Modul RJ45
MMF	Multi Mode Faser
MPO	MPO Stecker
OLT	Optical Network Line Terminal
ONT	Optical Network Termination
RF	Rangierfeld
Rx	Receive (Empfangen)
S	Stecker
SMF	Single Mode Faser
SP	Sammelpunkt
Spl	Spleiss
SVR	Server
TA	Telekommunikations Anschluss
Tx	Transmit (Senden)
V	Verbindung / Referenzverbindung
ZV	Zonen- / Zwischenverteiler







9. Tabellenverzeichnis

Qualitätssicherung im Projektablauf, Teil 1	20
Qualitätssicherung im Projektablauf, Teil 2	21
ISO Normen	24
TIA Normen	25
EN Normen	26
CPR Klassen & Kriterien	29
CPR Zusatzklassen und Brandschutzstufen	30
EMV Stromverteilung	34
Unterschiede zwischen den Normen	37
R&Mfreenet Steckernormen im PL und Channel	37
TP Kabelaufbau	38
Beispiel Datenblatt – Kupferkabel	40
Gleichungen für horizontale Übertragungsstrecken	41
UKV-Längen gemäss ISO/IEC 11801-1	41
Gleichungen Durchverbindung-TA	42
Gleichungen Rangierung-TA	42
Gleichungen Durchverbindung-SP-TA	43
Gleichungen Rangierung-SP-TA	44
Gleichungen Durchverbindung-GA	45
Gleichungen Rangierung-GA	45
Gleichungen Durchverbindung-LVP-GA	46
Gleichungen Rangierung-LVP-GA	46
Gleichungen Hauptverteilungs-Übertragungsstrecke	47
maximale horizontale Länge, R&Mfreenet mit AWG26	48
IEEE erweiterte Übertragungsstrecken	49
R&Mfreenet IEEE maximum horizontal length for custom Kabel	49
Minimale horizontale Länge, R&Mfreenet Kat. 6 _A ISO	50
Minimale horizontale Länge, R&Mfreenet Kat. 6 _A EL	50
Gleichungen Ein Steckerverbindung	52
Gleichungen BtB Durchverbindung	52
Gleichungen RdR Verbindung	53
Klassifizierung informationstechnischer Kabel gemäss EN 50174-2:2018	62
Mindestabstände S gemäss EN 50174-2	62
Abstandsanforderungen gemäss EN 50174-2	63
Zusammenfassung der zusätzlichen RP1 - RP3 Anforderungen	71
Längenbeschränkung für die Klasse I / Kat. 8	80
Komponenten Anforderungen der Norm	82
IEEE Applikationsunterstützung MMF (ISO/IEC 11801-1)	84
IEEE Applikationsunterstützung SMF (ISO/IEC 11801-1)	85
LWL Steckertypen – Teil 1	86

LWL Steckertypen – Teil 2	87
LWL Steckertypen – Teil 3	88
LWL Verbindertypen – Teil 1	89
LWL Verbindertypen – Teil 2	90
IL Güteklassen gemäss IEC 61753-1	91
RL Güteklassen gemäss IEC 61753-1	91
IL vs RL Güteklassen	92
ISO11801-1 Faserdämpfung	92
R&Mfreenet Kabeldämpfung	93
LWL Kabeltypen	94
Glasfaser Kabelaufbau – Teil 1	95
Glasfaser Kabelaufbau – Teil 2	96
IEEE802.3 GPON Leistung	102
R&M Splitterleistung	102
LWL Kabel Farbcode	105
Beispiele für Biegeradien bei Kupferverkabelung	122
Beschaltung der Module	125
Übersicht der Laserklassifizierung IEC 60825-ed.3.0:2013	129
Sofortbehandlungen bei Kontakt mit Hexan und Isopropyl	131
Zugkraft LWL-Kabel	133
Biegeradius LWL-Kabel	134
Messtoleranz der Messgeräte	144
Messgeräte für Zertifizierungsmessungen	146
Normen für Messgeräte	147
Adapter für Messgeräte	148
ISO 61300-3-35 Kriterium	159
Dämpfungsbudet von Referenz-Referenz-Anschlüssen	162
Dämpfungsbudet von Referenz-Zufalls-Anschlüssen	163
LSPM-Messgeräte Berechnungsindex	165
Brechungsindex des LWL-Kabels	172
Grenzwerte-Steckerdämpfung	177
Brechungsindex-tabelle	179
Vorgehensweise Glasfaser Dokumentation	181





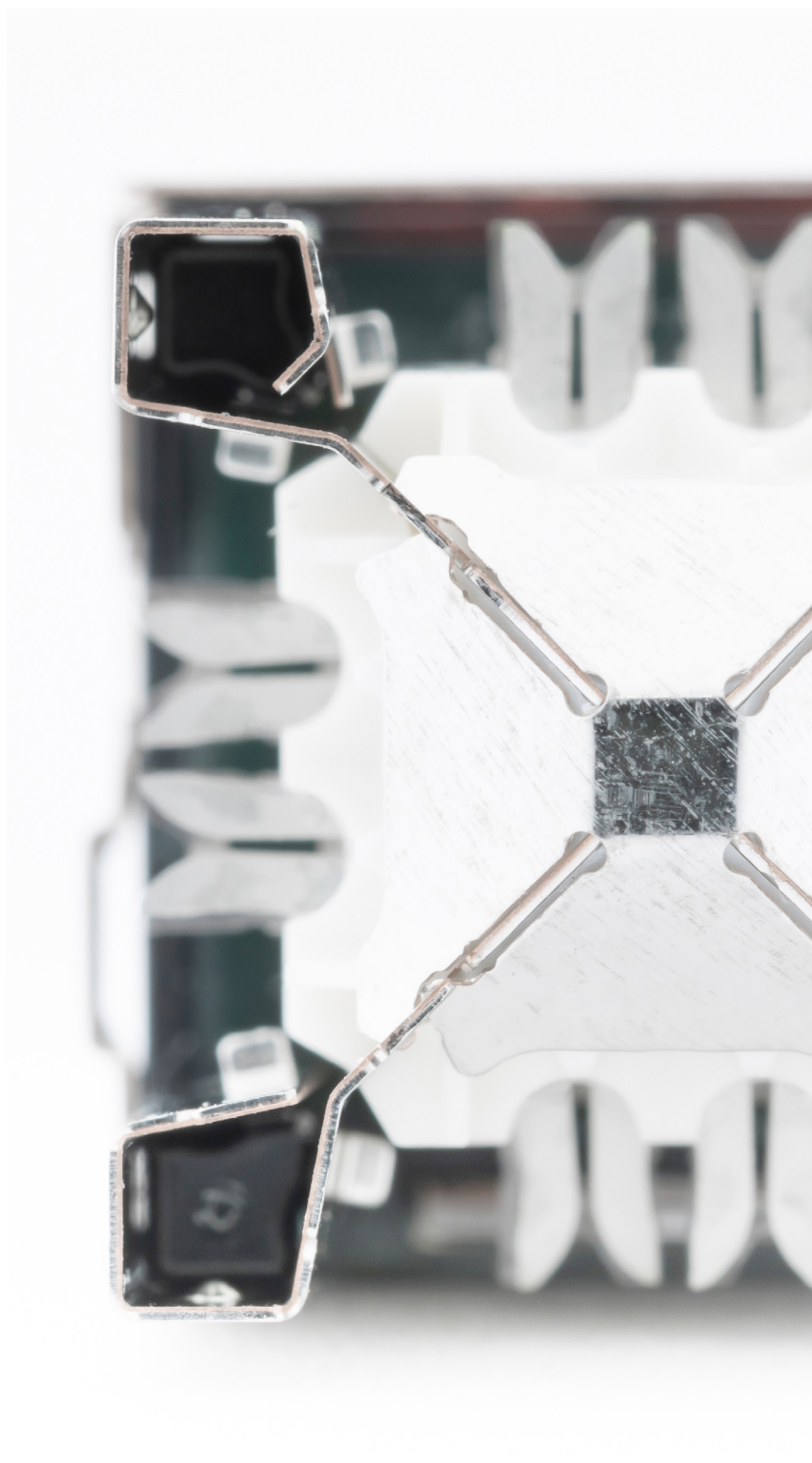
10. Abbildungsverzeichnis

MICE Klassifikation	27
Gebäudeerdung	32
EN 50310 Minimum	32
EN50310 Empfehlung	33
Erdungskonzepte R&M Panels	35
Modell Durchverbindung-TA	42
Modell Rangierung-TA	42
Modell Durchverbindung-SP-TA	43
Modell Rangierung-SP-TA	44
Modell Durchverbindung-GA	45
Modell Rangierung-GA	45
Modell Durchverbindung-LVP-GA	46
Modell Rangierung-LVP-GA	46
Modell Hauptverteilungs-Übertragungsstrecke	47
Ein-Stecker-Verbindungsmodell	51
Ein-Stecker-Verbindungsmodell mit LVP	51
Ein-Stecker-Verbindungsmodell MPTL mit Koppler-Kabel	52
Back to back Durchverbindungsmodell	52
Rangier-Durch-Rangier Verbindungsmodell	53
Modell Durchverbindung TA/GA mit RJ45 Koppler	58
Modell gekoppelter PL Indoor/Outdoor mit Kabel Koppler	58
Modell Rangierung TA/GA mit RJ45 Koppler	58
Modell Durchverbindung TA/GA mit LVP und RJ45 Koppler	59
Modell Rangierung TA/GA mit LVP und RJ45 Koppler	59
Wärmeverteilung mit PoE	65
IPC Kontakt	66
Widerstandsverhalten	67
IDC Kontakt	67
Verschiebung Kontaktpunkt beim Steckprozess	69
Funkenbildung beim Ausstecken unter Last	69
Gutes Kontaktdesign	70
Einfluss des TCL	75
EMV Abstrahlung	76
Längenrestriktionen «25G ready»	78
Beispiel Prüfstrecke für PL	79
Beispiel Prüfstrecke für 25G	79
Schematische Darstellung eines Kat. 8.1- Channels mit Längenangabe	81
Berechnungsbeispiel LAN Verkabelung	97
Berechnungsbeispiel Rechenzentrumsverkabelung	97
3 Stecker direkt kombiniert	98
4 Stecker kombiniert mit Spleiss	98
5 Stecker direkt kombiniert	99

Prinzipschema Polan	100
POLAN Konfigurationsbeispiel	101
POLAN Rechenbeispiel	103
Produkte zur Realisierung eines POLANS	104
Polarität bei optischen Rangier- / Patchkabel	105
LWL gekreuzter Backbone	106
LWL gerader Backbone	107
Key Up und Key Down	108
MPO Typ A und MPO Typ B Kabel	108
MPO Polarität Methode A Duplex	109
MPO Polarität Methode A Fan out	109
MPO Polarität Methode A 40/100G	110
MPO Polarität Methode R&M Fan out Trunk B	111
MPO Polarität Methode R&M 40/100G Trunk B	111
MPO Polarität Methode R&M Fan out Trunk A	112
MPO Polarität Methode R&M 40/100G Trunk A	112
korrekt gelagertes Kupferkabel	117
falsch gelagertes Kupferkabel	117
Verladen von Rolle mit Stange	118
Korrekt er Hebevorgang	118
Korrekte Kabelführung	120
Korrekte Abrollrichtung	121
Falsche Abrollrichtung	121
richtige Ausführung einer Steigzone	122
richtige Befestigung vertikal verlaufender Kabel	122
Beispiele für Biegeradien bei Kupferverkabelung	122
Beispiele Kabelmanagement	123
Werkzeuge zur Bearbeitung von Kupferkabeln	124
Korrekte Aufschaltung	126
Falsche Aufschaltung	126
Sicherheits Absperrung	132
Effizientes Kabelmanagement	134
Werkzeuge zur Bearbeitung von LWL-Kabeln	137
LC APC Ausführung eines FO Field	138
FO Field in montiertem Zustand	139
Rangierverkabelung ODF System	140
Rangierverkabelung Netscale	140
Beispiel Prüfstrecke für PL	149
Beispiel Prüfstrecke für CH	149

10. Abbildungsverzeichnis

Beispiel Prüfstrecke für MPTL	149
Beispiel Prüfstrecke für PL mit SP Methode 1	150
Beispiel Prüfstrecke für PL mit SP Methode 2	150
Messwertungsanalyse	151
Beispiel Prüfstrecke für LWL PL	155
Beispiel Prüfstrecke für LWL Channel	156
Direkte Messung durch den Splitter nicht möglich	157
Messen der Hauptleitung in einem Schritt	157
In einem weiteren Schritt die Abgänge zu den Anschlussdosen messen	157
Häufigste Fehler bei LWL Installationen	158
ISO 61300-3-35 SMF & MMF	158
Beispiele LWL-Verbindungsstellen	159
Trockenes Reinigungsmaterial	160
LWL Steckerendflächen Inspektion	160
«Ein-Messkabel»-Referenzmethode	166
Verifizierung «Ein-Messkabel»-Methode	167
Verifizierung «Drei-Messkabel»-Methode	167
PL Messung	168
CH Messung	168
OTDR-Loopmessung Anfang nach Ende	171
OTDR-Loopmessung Ende nach Anfang	171
Prüfkabel 1, 2 und Schleife (Loop) Referenzstecker Überprüfung	173
Prüfkabel 1&2 Referenzstecker Überprüfung	173
Prüfkabel 1, 2 und 3 Strecken mit APC Verbindern (nicht gesetzt/nicht sichtbar)	174
Prüfkabel 1, 2 und 3 Strecken mit APC Verbindern (gesetzt/sichtbar)	174
Loop Messung aus einer Richtung	176
MM Messung Ende nach Anfang	176
MM Messung Anfang nach Ende	176







11. Notizen

This image shows a single sheet of white paper with horizontal ruling lines. The lines are evenly spaced and run across the width of the page. There are no margins, text, or other markings on the paper.

This image shows a single sheet of white paper with horizontal ruling lines. The lines are evenly spaced and run across the width of the page. There are no margins, text, or other markings on the paper.

11. Notizen

This image shows a single sheet of white paper with horizontal ruling lines. The lines are evenly spaced and run across the width of the page. There are no margins, text, or other markings on the paper.

[illegible]

Hauptsitz

Schweiz
Reichle & De-Massari AG
Binzstrasse 32
CH-8620 Wetzikon

www.rdm.com

Bitte wählen Sie Ihr Land auf
unserer globalen Website

R&M Blog Portal

www.blog.rdm.com



[/reichle-&-de-massari-ag](#)



[/reichledemassari](#)



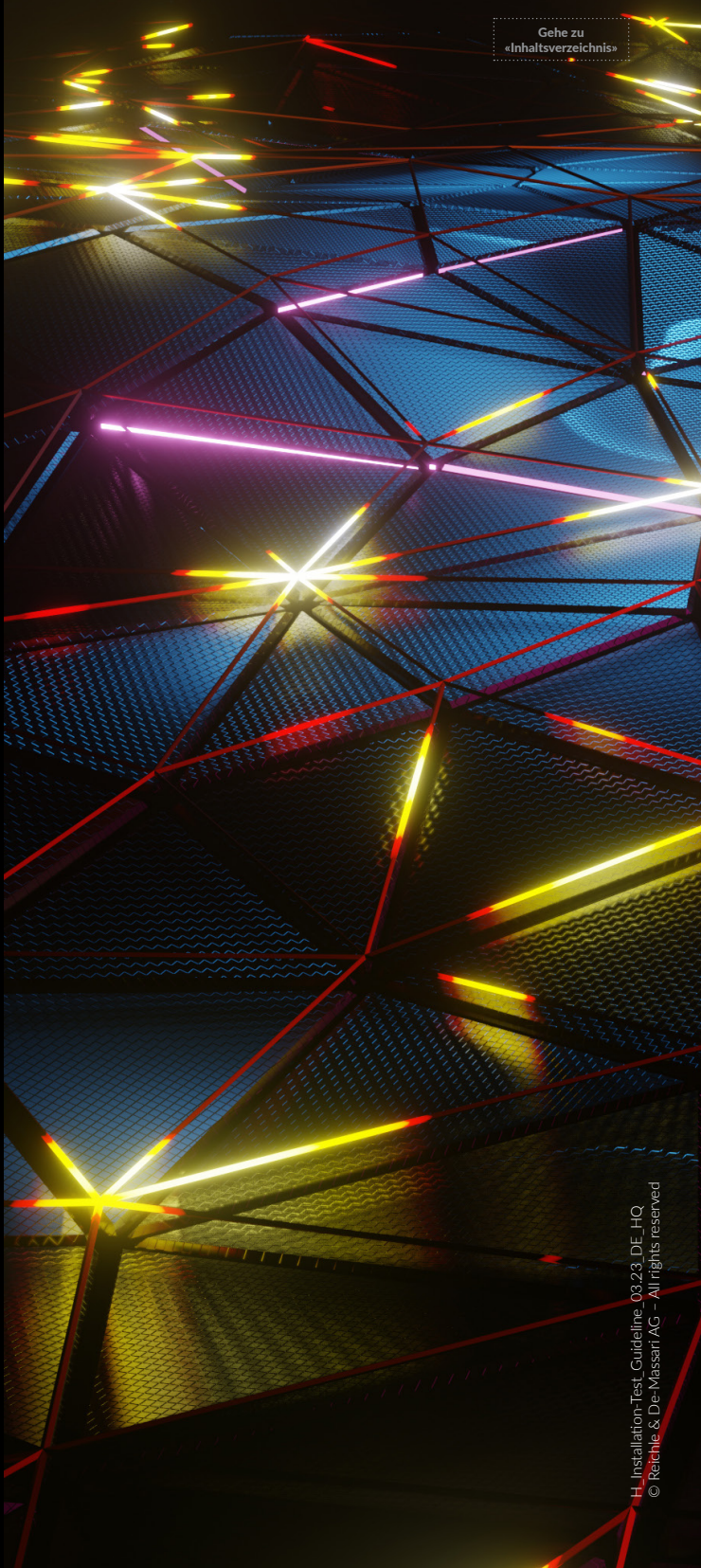
[@reichledemassari](#)



[/ReichleDeMassariAG](#)



[@reichle_massari](#)



R&M ist weltweit mit fast 3000 qualifizierten Partners vertreten.
Finden Sie Ihren Partner unter: www.rdm.com

