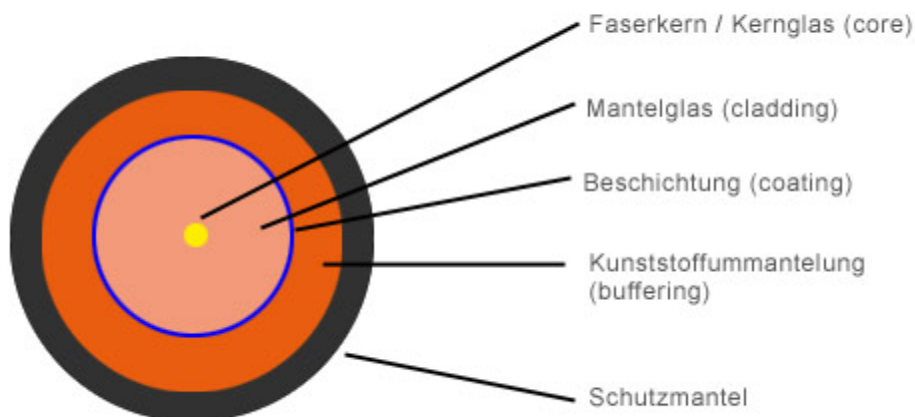


Der Unterschied: Singlemode und Multimode LWL-Kabel

Glasfaserkabel sind ein in der Netzwerk- und Telekommunikationstechnik weit verbreiteter Kabeltyp. Im Vergleich zu herkömmlichen Kupferkabeln bieten sie wesentlich höhere Übertragungsraten und Reichweiten. In vielen Bereichen ersetzen Glasfaserkabel die bestehende Kupferverkabelung. Das technische Funktionsprinzip unterscheidet sich gegenüber dem der Kupferleitungen fundamental. Während auf Kupferdrähten die Informationen mithilfe elektrischer Signale und wandernden Elektronen übertragen werden, übernehmen beim Glasfaserkabel Lichtteilchen (Photonen) die Informationsübermittlung. Lichtwellenleiter erlauben die Überbrückung großer Entfernungen ohne Verstärker und unterstützen gleichzeitig hohe Bandbreiten. Beim Einsatz der Glasfaserkabel gilt es zu berücksichtigen, dass eine Vielzahl verschiedener Fasertypen mit unterschiedlichen Übertragungseigenschaften existiert. Grundsätzlich sind sogenannte Multimode- und Singlemode-Fasern unterscheidbar. Was die technischen Merkmale der verschiedenen Fasertypen sind, welche Vor- und Nachteile sie besitzen und für welche Anwendungen sie besonders gut geeignet sind, erklärt folgender Artikel.

Aufbau eines Glasfaserkabels



Grundsätzlicher Aufbau und Funktionsweise der Lichtwellenleiter

Lichtwellenleiter bestehen aus Kunststoff oder Glas, haben sehr geringe Durchmesser und sind flexibel. Sie erfordern einen fachmännischen Umgang beim Verlegen. Die Informationsübertragung mittels Lichtausbreitung im Kabel basiert auf dem Prinzip der Totalreflexion. Die Fasern besitzen einen Faserkern und einen umgebenden Fasermantel mit unterschiedlichen optischen Eigenschaften. Der Kern hat einen etwas höheren Brechungsindex als der Mantel. Dadurch kommt es am Übergang zwischen Faser und Mantel zur Reflexion des Lichtstrahls. Dieser breitet sich nahezu verlustfrei im Faserkern aus. Faserkern und Fasermantel bestehen aus dielektrischem Material und sind nichtmetallisch und nichtleitend. Umgeben wird die Glasfaser vom Coating, einer zum Schutz auf dem Glasfasermantel aufgetragenen Kunststoffbeschichtung. Zusätzlich sind in der Regel noch eine oder mehrere weitere Hüllen zum Schutz vor äußeren Einflüssen vorhanden. Die verschiedenen Glasfasertypen unterscheiden sich vor allem durch den Durchmesser von Kern und Mantel (Singlemode- oder Multimodefasern) und durch den Verlauf des Brechungsindex (Stufenindex- oder Gradientenindexfasern). Je nach Typ sind im Lichtwellenleiter unterschiedliche Anzahlen von Lichtmoden ausbreitungsfähig und die Reflexion des Lichtsignals findet „weich“ oder „hart“ statt.

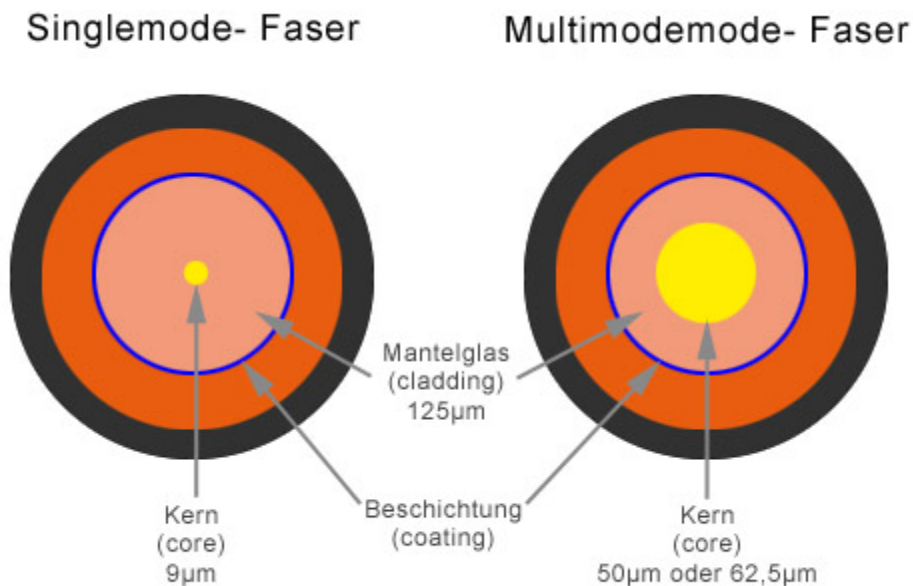
Die Vorteile eines Glasfaserkabels gegenüber einem Kupferkabel sind folgende:

- unempfindlich gegenüber elektromagnetischen Störeinflüssen
- keine Verursachung elektromagnetischer Störstrahlungen
- keine Masseprobleme
- große Entfernungen überbrückbar
- hohe Übertragungsraten realisierbar
- gute Abhörsicherheit
- geringe Leitungsdämpfung auch bei hohen Frequenzen
- Verwendung unterschiedlicher Wellenlängen des Lichts als Trägerwellen innerhalb einer Faser möglich

Als Nachteile lassen sich diese aufführen:

- höhere Kosten in der Herstellung
- höherer Aufwand bei der Installation
- optisch/elektrische Signalwandlung notwendig
- aufwendigere Verbindungs- und Steckertechnik
- empfindlicher gegenüber mechanischen Belastungen
- Einschränkungen bei der Verlegung durch einhalten der Mindestbiegeradien

Die Unterscheidung zwischen Singlemode und Multimode Glasfaser

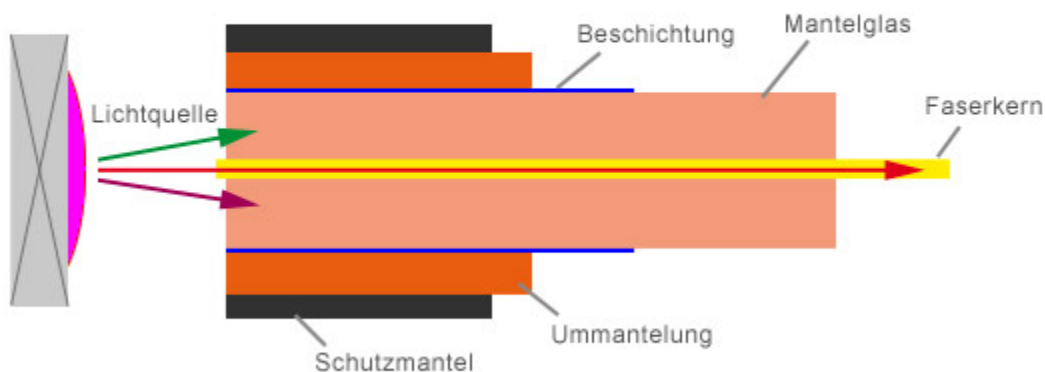


Singlemode LWL-Kabel haben einen erheblich geringeren Faserkerndurchmesser als Multimode Kabel. Der Faserkern bei Singlemodekabeln hat einen Durchmesser von 9µm, im Unterschied zu Multimodekabel, welche einen Faserkern von 50µm bzw. 62,5µm Durchmesser besitzen. Das umgebende Mantelglas weist jeweils einen Durchmesser von 125µm auf.

Lichtausbreitung im Glasfaser

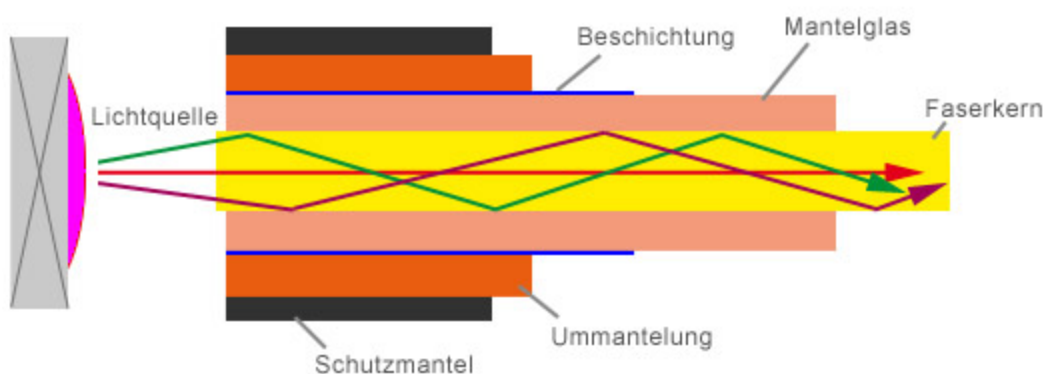
Die folgenden Grafiken verdeutlichen die Lichtausbreitung im Glasfaserkabel. In der schematischen Darstellung ist der Unterschied zwischen Singlemode und Multimode erkennbar. Im größeren Faserkern von Multimodekabel kann das Licht sich anders ausbreiten als in der Singlemodefaser mit einem Faserkern von nur 9µm Durchmesser. (Weitere technische Details werden weiter unten im Text erklärt.)

Singlemode-Kabel
Faserkern 9µm



(C) www.Glasfaserkabel.de

Multimode-Kabel
Faserkern 50 bzw. 62,5µm



(C) www.Glasfaserkabel.de

Wichtige Fachbegriffe rund um die Glasfaser

Zur näheren Erläuterung der Unterschiede zwischen Singlemode- und Multimode-Glasfaserkabeln ist es notwendig, einige wichtige Fachbegriffe rund um die Glasfaser zu kennen und zu verstehen. Diese sind:

- Brechungsindex
- Moden
- Dispersion

Der Brechungsindex ist ein Maß für die optische Dichte eines Materials und gibt das Verhältnis der Lichtgeschwindigkeit in einem optischen Medium im Vergleich zum Vakuum wieder. Je höher der Brechungsindex ist, desto optisch dichter ist das Medium. An den Grenzen zweier optischer Medien mit unterschiedlichem Brechungsindex kommt es zur Brechung oder Reflexion des Lichts. Bei Moden handelt es sich um verschiedene Ausbreitungsarten des Lichtes innerhalb einer Glasfaser. Multimode-Fasern unterstützen viele Ausbreitungsarten, eine Monomode-Faser nur eine einzige.

Die Dispersion sorgt dafür, dass ein in eine Glasfaser eingespeister Impuls über seinen Weg der Ausbreitung zeitlich immer breiter wird. Dies kann zu Überlappungen mit nachfolgenden Impulsen führen und Übertragungsfehler verursachen. Laserdioden erzeugen Impulse von wenigen Nanometern Breite und minimieren die Auswirkungen des Effekts bei hohen Bandbreiten.

Technische Merkmale einer Singlemode-Glasfaser

Singlemode-Fasern, auch Monomode-Fasern genannt, sind durch einen sehr kleinen Durchmesser des Faserkerns gekennzeichnet. Bei einem üblichen Gesamtdurchmesser von 125 µm beträgt der Kerndurchmesser in der Regel lediglich 9 µm und damit nur wenige Vielfache der Wellenlänge des Lichts. Aufgrund dieses geringen Durchmessers ist nur eine einzige Lichtmode innerhalb des Kerns ausbreitungsfähig. Sogenannte höhere transversale Moden breiten sich im Faserkern nicht aus. Die Folgen der Ausbreitung nur einer einzigen Lichtmode sind sehr geringe Dämpfungswerte und Laufzeitverschiebungen der Signale. Große Distanzen sind mit der Monomode-Faser überbrückbar, ohne dass die Signale verstärkt oder aufbereitet werden müssen. Allerdings sind auch teurere Laser zur Einspeisung des Lichts notwendig. Gleichzeitig entsteht ein höherer Aufwand beim Spleißen und für die zu verwendenden Steckverbindungen. Die Ursache hierfür ist darin begründet, die sehr kleinen Kerndurchmesser beim Verbinden exakt aufeinander ausrichten zu müssen, um Signalverluste und größere Dämpfungswerte zu verhindern.

Die Vor- und Nachteile der Singlemode-Fasern

Vorteile:

- geringe Dämpfung des Signals
- kaum Laufzeitverschiebungen
- große Distanzen überbrückbar
- hohe Bandbreiten

Nachteile:

- teurere Laser zur Einspeisung des Lichts notwendig
- größerer Aufwand bei der Herstellung der Glasfasern aufgrund der sehr kleinen Faserkerne

- hohe Präzision beim Verbinden der Glasfasern durch Stecker oder Spleißen notwendig

Typische Anwendungsbereiche der Singlemode-Glasfasern

Singlemode-Glasfaser kommen immer dann zum Einsatz, wenn große Distanzen zu überbrücken sind oder besonders hohe Datenraten erzielt werden sollen. Sie verursachen ein Minimum an Übertragungsfehlern und Interferenzen selbst bei Übertragungsstrecken von mehreren Kilometern. Auch als Patchkabel werden Singlemode-Glasfasern immer beliebter, da sie dem ständig wachsenden Bandbreitebedarf gerecht werden, ohne die maximal möglichen Linklängen zu reduzieren. Typische Anwendungsbereiche sind die Realisierung von CWDM- (Coarse Wavelength Division Multiplexing) und DWDM-Systemen (Dense Wavelength Division Multiplexing) mit Übertragungsraten im Terabit-Bereich.

Technische Merkmale einer Multimode-Glasfaser

Im Vergleich zu den Singlemode-Fasern ist der Kerndurchmesser bei den Multimode-Fasern wesentlich größer. Er beträgt in der Regel 50 μm und erlaubt die Ausbreitung mehrerer Lichtmoden. Aufgrund der verschiedenen Ausbreitungsmoden sind die Signaldämpfung und die Laufzeitverschiebung größer. Je höher die Datenrate, desto geringer ist die maximal mögliche überbrückbare Distanz. Daher eignen sich die Fasern eher für Verbindungen über kurze Distanzen, wie sie in einem LAN auftreten. Dank der größeren Kerndurchmesser sind Verbindungen zwischen einzelnen Multimode-Fasern oder zwischen Multimode-Fasern und dem weiteren Equipment mit weniger Aufwand herzustellen.

Multimode-Fasern sind noch nach einem weiteren Kriterium unterscheidbar. Es existieren Fasern mit sogenanntem Stufenindexprofil oder Gradientenindexprofil. Die Faser mit Stufenindexprofil besitzt einen zwischen Kern und Mantel scharf abgegrenzten Brechungsindex. Dies führt zu einer harten Reflexion des Lichts direkt am Übergang zwischen Kern und Mantel. Die Übertragungseigenschaften verschlechtern sich aufgrund dieser harten Reflexion. Ein für die Übertragungseigenschaften günstigeres Verhalten zeigen Fasern mit Gradientenindexprofil. Bei diesen nimmt der Brechungsindex vom Kern zum Mantel in Parabelform ab. Eine weiche Reflexion des Lichts und bessere Übertragungseigenschaften sind die Folge. Während typische Durchmesser bei Fasern mit Stufenindexprofil bei 200 bis 500 μm liegen, hat die Faser mit Gradientenindexprofil in der Regel einen Gesamtdurchmesser von 125 μm .

Die Vor- und Nachteile der Multimode-Fasern

Vorteile:

- geringerer Aufwand in der Herstellung der Glasfasern
- einfachere Verbindungstechnik aufgrund des größeren Kerndurchmessers
- Fasern mit Stufenindex- und Gradientenindexprofil verfügbar

Nachteile:

- größere Signaldämpfung und Laufzeitverschiebung
- geringere maximale Bandbreiten
- kürzere Distanzen überbrückbar

- Verstärker oder Signalaufbereiter bei größeren Distanzen notwendig

Typische Anwendungsbereiche der Multimode-Glasfasern

Typische Einsatzbereiche von Glasfaserkabel mit Stufenindexprofil sind Verbindungskabel im Nahbereich, wie sie beispielsweise in Patchfeldern zum Einsatz kommen. Glasfaserkabel mit Gradientenindexprofil besitzen bessere Übertragungseigenschaften und sind für etwas größere Distanzen wie für Verbindungen von Switchen und anderen Netzwerkkomponenten im Gebäude- oder Etagenbereich nutzbar. Übliche Übertragungsraten der Multimode-Glasfaserkabel sind bis zu zehn oder hundert Gigabit pro Sekunde.

Die verschiedenen Kategorien der Multimode- und Singlemode-Glasfasern

Ähnlich wie für Kupferkabel existieren bei Glasfaserkabeln verschiedene Kategorien, die die Übertragungseigenschaften und Anwendungsbereiche der verschiedenen Fasern genauer spezifizieren. Zur Einteilung des Leistungsvermögens und der maximalen Bandbreiten sind Kategorien und optische Klassen definiert. Für die Multimode-Glasfasern existieren die Klassen OM1, OM2, OM3, OM4 und OM5, für die Singlemode-Glasfasern die Klassen OS1 und OS2. Die Vielzahl der mittlerweile existierenden Klassen trägt den immer weiter steigenden Anforderungen der Kommunikationstechnik Rechnung. International genormt sind die Kategorien nach ISO/IEC 11801 und 24702.

Hier ein kurzer Überblick über die verschiedenen Faserkategorien:

- Faserkategorie OM1 – Kern-/Manteldurchmesser: 62,5/125 µm, Farbcode: orange – typischerweise für LED-basierte Anwendungen
- Faserkategorie OM2 – Kern-/Manteldurchmesser: 50/125 µm, Farbcode: orange – typischerweise für LED-basierte Anwendungen
- Faserkategorie OM3 – Kern-/Manteldurchmesser: 50/125 µm, Farbcode: aqua – für Hochgeschwindigkeits-Anwendungen wie 10/40/100-Gigabit-Ethernet oder Fibre Channel
- Faserkategorie OM4 – Kern-/Manteldurchmesser: 50/125 µm, Farbcode: violett – für Hochgeschwindigkeits-Anwendungen wie 10/40/100-Gigabit-Ethernet oder Fibre Channel
- Faserkategorie OM5 – Kern-/Manteldurchmesser: 50/125 µm, Farbcode: lime – für Hochgeschwindigkeits-Anwendungen wie 10/40/100-Gigabit-Ethernet oder Fibre Channel
- Faserkategorie OS1 – Kern-/Manteldurchmesser: 9/125 µm, Farbcode: gelb – für die Überbrückung großer Distanzen und für hohe Bandbreiten
- Faserkategorie OS2 – Kern-/Manteldurchmesser: 9/125 µm, Farbcode: gelb – für die Überbrückung großer Distanzen und für hohe Bandbreiten

Sind Singlemode- und Multimode-Glasfaserkabel untereinander kompatibel?

Immer wieder wird die Frage gestellt, ob Singlemode- und Multimode-Glasfaserkabel untereinander kompatibel sind und sich miteinander verbinden oder mischen lassen. Die Frage lässt sich einfach beantworten: Grundsätzlich sind Singlemode- und Multimodekabel nicht miteinander kompatibel. Sie lassen sich schon alleine aufgrund ihrer verschiedenen Kerndurchmesser nicht miteinander verbinden. Selbst wenn ein geringer Teil des Lichtsignals am Übergang in das andere Kabel eingespeist werden kann, treten extrem hohe Dämpfungen und unvorhersehbare Effekte auf, die keine zuverlässige Signalübertragung mehr zulassen. Innerhalb einer kompletten Netzwerkinstallation sind selbstverständlich verschiedene Glasfaserkabeltypen einsetzbar. So können beispielsweise für die Verbindungen am Patchfeld Multimode-Glasfasern mit Stufenindexprofil, für die Verbindung von Switchen im Etagenbereich Multimode-Glasfasern mit Gradientenindexprofil und für die Realisierung des Campus-Backbones Singlemode-Glasfasern verwendet werden. Sollen Übergänge zwischen kupferbasierter Verkabelung und Glasfasern hergestellt werden, sind geeignete Medienkonverter zu installieren.

Weiteres Wissenswertes zu Multimode- und Singlemode-Glasfaserkabeln

Sowohl Singlemode- als auch Multimode-Glasfasern sind als sogenannte Mehrfaser-LWL-Kabel erhältlich. Diese Kabeltypen bündeln mehrere einzelne Fasern in einem Gesamtkabel. Mögliche Faserzahlen sind beispielsweise vier, acht, zwölf, 24 oder 48 Fasern. Um zukünftige Anforderungen an die Übertragungskapazität des Glasfaserkabels flexibel und ohne zusätzliche Installationsarbeiten abzudecken, werden meist Kabel mit einer größeren Anzahl an Reserveadern verlegt.

Werden Glasfaserverbindungen über Stecker miteinander verbunden, ist auf eine möglichst geringe Signaldämpfung an den Steckerübergängen zu achten. Die Steckverbindung sollte eine hohe Reproduzierbarkeit der Verbindungsqualität bei vielen Verbindungszyklen und eine gleichbleibende Signalübertragung über längere Zeiträume sicherstellen. Im Bereich der modernen Glasfasertechnik kommen für die verschiedenen Kabeltypen unterschiedliche Steckverbindungen zum Einsatz. Typische Stecker sind LC-Stecker, SC-Stecker, ST-Stecker, FC-Stecker, DIN-Stecker oder E2000-Stecker. LC-Stecker gehören zur Kategorie der Small-Form-Factor-Steckern (SFF-Stecker) mit sehr kleinen Bauformen und höherer Packungsdichte wie beispielsweise SC-, ST- oder E-2000-Stecker.

Eine dauerhafte Verbindung zwischen zwei Glasfasern mit sehr guten Übertragungseigenschaften und geringer Dämpfung ist mit der Spleißtechnik möglich. Beim Spleißen werden die beiden Fasern mit einer speziellen Spleißmaschine miteinander verschmolzen. Es ist dabei sicherzustellen, dass der Kabelkern und der Kabelmantel exakt aufeinander ausgerichtet sind und es zu keinen Versetzungen kommt. Für das Spleißen von Singlemode-Glasfasern bestehen aufgrund des wesentlich kleineren Kerndurchmessers höhere Anforderungen hinsichtlich der Präzision. Auch ein sogenanntes Pigtail lässt sich an eine Glasfaser anspleißen. Es handelt sich beim Pigtail um eine Glasfaser, die an einem Ende bereits einen konfektionierten Stecker besitzt. Dadurch entstehen verschiedene Rangiermöglichkeiten zwischen mehreren verlegten Multimode- oder Singlemode-Glasfasern.

Haben Sie Fragen zu den verschiedenen Singlemode- und Multimode-Glasfasern, stehen wir Ihnen gerne mit Rat und Tat zur Seite. Zögern Sie nicht, uns zu kontaktieren. Gemeinsam mit Ihnen finden wir das passende Glasfaserkabel für Ihre Anwendung.