

# Ratgeber zur Installation von Glasfasernetzen in Gebäuden.

Wissensspeicher

**Version 2.0**

vom 22.11.2020

**Öffentlich**



ERLEBEN, WAS VERBINDET.





# Impressum

## Herausgeber Telekom

Deutsche Telekom AG  
Friedrich-Ebert-Allee 140  
53113 Bonn

Version:	Stand
2.0	22.11.2020

## Autoren:

Mario Zerson	Günter Neumann
Berlin, 22.11.2020	Darmstadt, 22.11.2020

## Kurzinfo

Die Inhalte des Dokuments sollen als Wissensspeicher für Hochschulen, Architekten, Städte, Kommunen, Gemeinden und Bauherren dienen. Hierbei wird ein Zielbild aufgezeigt, wie Glasfasergebäudenetze bei Neubauvorhaben und Rekonstruktionsmaßnahmen zukünftig zu planen und einzubauen sind.

Die Erstellung von Glasfasergebäudenetzen für den Telekommunikationsbereich nimmt verstärkt an Bedeutung zu, um Breitbanddienste wie z. B. Fiber to the Home (FTTH) nutzen zu können.

2.3

# Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung und Motivation .....	7
1.1	Wohngebäude und Gewerbeeinheiten.....	8
1.2	Einordnung/Referenzbild/Netzebenen.....	8
2	Anforderungen an Glasfasergebäudenetze.....	10
2.1	Mehrfamilienhäuser und Gewerbeeinheiten .....	10
2.2	Mögliche Netzstrukturen in Mehrfamilienhäusern und Gewerbeeinheiten.....	12
2.3	Ein- und Zweifamilienhäuser .....	14
2.4	Mögliche Netzstrukturen in der Wohnung .....	15
3	Kabelführungssysteme .....	16
3.1	Kabelkanäle.....	16
3.2	Installationsrohre.....	16
3.3	Kabelführungswannen/-behälter .....	16
3.4	Wellrohre / Flex-Rohre – 25 mm.....	17
3.5	Leerrohrnetze mit Mikrorohren für Glasfaserkabel zum Einblasen .....	17
3.5.1	Einblasen von Glasfaser-Mikrokabel in Mikrorohre .....	20
4	Die geeignete Glasfaser – Singlemodeglasfaser.....	21
4.1	Einordnung und Übersicht .....	21
4.2	ITU-T G.652.D.....	22
4.3	ITU-T G.657.A2 .....	22
5	Glasfaserkabel (Innenkabel).....	24
5.1	Allgemeines zu den Brandschutzanforderungen .....	24
5.2	Mögliche Verlegearten der Glasfaserkabel.....	24
5.2.1	Glasfaserkabel zum Einblasen und Einziehen .....	25
5.2.2	Gf- Fassadenkabel (z.B. Unterputzverlegung) .....	26
5.2.3	Glasfaserverbindungskabel (Patchkabel).....	26
6	Glasfasermontage.....	27
6.1	Techniken zum Verbinden und Abschließen von Glasfasern .....	27
6.1.1	Fusionsspleiß und Fusionsspleißgeräte .....	27
6.1.2	Mechanische Spleißverbindung (mechanischer Spleiß).....	28
6.1.3	Schutz der Spleißstelle: Variante Krimpspleißschutz .....	29
6.1.4	Schutz der Spleißstelle: Variante Schrumpfspleißschutz .....	29

6.2	Glasfaserspleißkassetten und Spleißschutzablagen .....	30
7	Glasfaserstecker.....	31
7.1	LC-APC-Stecker .....	31
7.1.1	Fusions-Spleiß-Stecker (LC-APC) .....	32
7.1.2	Mechanischer Spleiß-Stecker (LC-APC) .....	33
8	Komponenten für Glasfasergebäudenetze .....	34
8.1	Glasfaser-Abschlusspunkt (Gf-AP) .....	34
8.2	Glasfaser-Gebäudeverteiler (Gf-GV) .....	34
8.3	Glasfaser-Sammelpunkt (Gf-SP), Etagenverteiler .....	36
8.4	Glasfaser-Teilnehmerabschlussdose (Gf-TA) .....	36
8.4.1	Verlegung/Erweiterung der Gf-TA innerhalb der Wohnung.....	38
8.5	Glasfasermodem / ONT .....	39
9	Prüfen und Messen in der Netzebene 4.....	40
9.1	Messgeräte und Prüfmittel.....	41
9.1.1	Pegelsender und Pegelmesser .....	41
9.1.2	Optisches Multimeter .....	42
9.1.3	OTDR (Optical Time Domain Reflectometer).....	43
9.1.4	Rotlichtquelle .....	44
9.2	Protokollierung der NE4 .....	44
10	Das Wohnungsnetz .....	45
10.1	Einführung und Planungshinweise .....	45
10.2	Multimediaverteiler mit Router.....	47
10.3	Multimediaverteiler mit ausgelagertem Router.....	47
11	Firmen und Links (Auswahl) .....	49
12	Gesetze, Normen und Broschüren.....	51
13	Abkürzungsverzeichnis/Glossar .....	53
14	Abbildungsverzeichnis .....	55

**Platz für persönliche Notizen**



**ERLEBEN, WAS VERBINDET.**

# 1 Einleitung und Motivation

Im Rahmen der Digitalisierung und des ständig steigenden Bandbreitenbedarfs erschließt die Deutsche Telekom immer mehr Gebiete mit Glasfasernetzen. Hierzu zählen Neubaugebiete, Gewerbegebiete und Bestandsgebiete. Mit FTTH – Fiber to the Home – geht das Glasfasernetz nicht nur bis zum Verteilerkasten in der Straße, sondern direkt bis in das Gebäude/die Wohnungen, so dass ein entsprechend kompatibles Gebäudenetz erforderlich ist.

Aus diesem Grund wird es immer wichtiger, dass Gebäude frühzeitig mit einer Glasfaserinfrastruktur ausgestattet werden. Schon beim Neubau aber auch bei Restaurierungen von Gebäuden sollte diese Infrastruktur eingebracht werden.

Infrastrukturmaßnahmen in Gebäuden, insbesondere die Kabelverlegung, benötigen Zeit und Geld, haben aber im Gegenzug auch eine sehr lange Nutzungsdauer. Auch wenn die Zugangsnetze (Kabel im öffentlichen Grund) noch nicht unmittelbar in der Realisierung sind, sollten die Glasfasernetze in den Gebäuden bereits heute installiert werden. Gerade bei Neubauten und anstehenden Sanierungsmaßnahmen lassen sich neue Kabel viel kostengünstiger mit verlegen bzw. einplanen, als nachträgliche erneute Baumaßnahmen anzustoßen.



Grundsätzlich sollten bei der Planung und beim Bau von Telekommunikationseinrichtungen in Gebäuden die Empfehlungen der DIN VDE 18015 ff „Elektrische Anlagen in Wohngebäuden“, soweit zutreffend, beachtet werden.

Der Inhalt des Dokuments zeigt ein vom Netzbetreiber unabhängiges Zielbild auf. Werden die beschriebenen Grundanforderungen eingehalten, ist eine schnelle und unkomplizierte Anschaltung der Netzebene 3 (NE3) des Netzbetreibers an das Gebäudenetz und die Anschaltung und Inbetriebnahme eines Glasfasermodems in der Wohnung möglich.

Die nachfolgenden Ausführungen sind als Empfehlung aus Sicht eines Netzbetreibers für die Realisierung eines Glasfasergebäudenetzes zu sehen. Außerdem soll dieses Dokument zum einen eine Planungshilfe und zum anderen eine Baudurchführungshilfe für die Erstellung von Glasfasergebäudenetzen für den Telekommunikationsbereich sein, um künftige Breitbanddienste über Glasfaseranbindung (z. B. FTTH mit 1.000Mbit/s) nutzen zu können.

Im Dokument wird darauf eingegangen, wie Glasfasergebäudenetze bei Neubauvorhaben und Rekonstruktionsmaßnahmen zukünftig zu planen und möglichst frühzeitig einzubauen sind. Hierbei werden weitestgehend die Vorgaben der nationalen und internationalen Normen beachtet. Der Schwerpunkt des Dokuments liegt bei der Netzebene 4 (NE4), d.h. vom Gebäudeverteiler (Gf-GV) bis zur Glasfaserdose (Gf-TA) in der Wohnung werden Informationen detailliert bereitgestellt. Zusätzlich wird aber auch auf die Bauweise zur Verteilung der Dienste innerhalb der Wohnung, der sogenannten Netzebene 5 (NE5), eingegangen.



Abbildung 1: Schwerpunkte des Ratgebers (Quelle: DT)

## 1.1 Wohngebäude und Gewerbeeinheiten

Für **Wohneinheiten** in Wohngebäuden wird empfohlen jede Wohneinheit mit mindestens **zwei Glasfasern** zu versorgen. Wird vom Netzbetreiber (z. B. Deutsche Telekom) ein „GPON-System“ zur Dienstversorgung eingesetzt, reicht eine Glasfaser je Kundenanschluss für den Betrieb aus.

Wird von einem Netzbetreiber die Dienstversorgung über ein anderes Übertragungssystem bereitgestellt (sog. „Punkt zu Punkt - Systeme“) werden i.d.R. 2 Glasfasern je Kundenanschluss benötigt.

Außerdem könnten für separate Dienste (z. B. Business-Anschluss; Home-Office, ...), Systemwechselfasern oder Reservefasern weitere Glasfasern erfordern. Wird ein Gf-Kabel mit 4 Glasfasern je Wohneinheit vorgesehen, könnten auch diese weiteren Bedarfe sicher abgedeckt werden.

Gewerbeeinheiten können in separaten Gewerbegebäuden aber auch in Wohnmischgebäuden untergebracht sein. In den Gewerbeeinheiten können Privatkundenanschlüsse und /oder Geschäftskundenanschlüsse gefordert werden. Es wird empfohlen, für jede **Gewerbeeinheit** mindestens **vier Glasfasern** von der Geschäftskundenlokation (Raum, Ebene) bis zum Gf-Gebäudeverteiler zu installieren.

Ist die konkrete Nutzung der Gewerbeeinheit nicht vorhersehbar, kann es sinnvoll sein je nach Größe der Gewerbeeinheit, auch mehr Glasfasern (z. B. Gf-Kabel mit 8, 12, oder 24 Glasfasern) zur Grundversorgung vorzusehen.

## 1.2 Einordnung/Referenzbild/Netzebenen

In der Telekommunikation unterscheidet man verschiedene Netzabschnitte oder Netzebenen (NE). Das in diesem Dokument beschriebene **Gebäudenetz (NE 4)** ist der Netzabschnitt zwischen Glasfaser-Gebäudeverteiler (Gf-GV) und Glasfaser-Teilnehmeranschlussdose (Gf-TA) bzw. Optical Network Termination (ONT) in der Wohnung.

Die Außenkabel des **Netzbetreibers (NE 3)** werden im Glasfaser-Abschlusspunkt (Gf-AP) abgeschlossen. In der Regel wird der Gf-AP vom Netzbetreiber installiert. Zwischen Gf-AP und Gf-GV wird vom Netzbetreiber eine Schaltverbindung zu den einzelnen Wohnungsanschlüssen hergestellt. Die im Folgenden beschriebene Unterscheidung der Netzebenen trifft auf Mehrfamilienhäuser und Gewerbeeinheiten zu. Die Infrastruktur in diesen Gebäuden wird unterteilt in Gebäudenetze (Netzebene 4, NE 4) und Wohnungsnetze (Netzebene 5, NE 5).

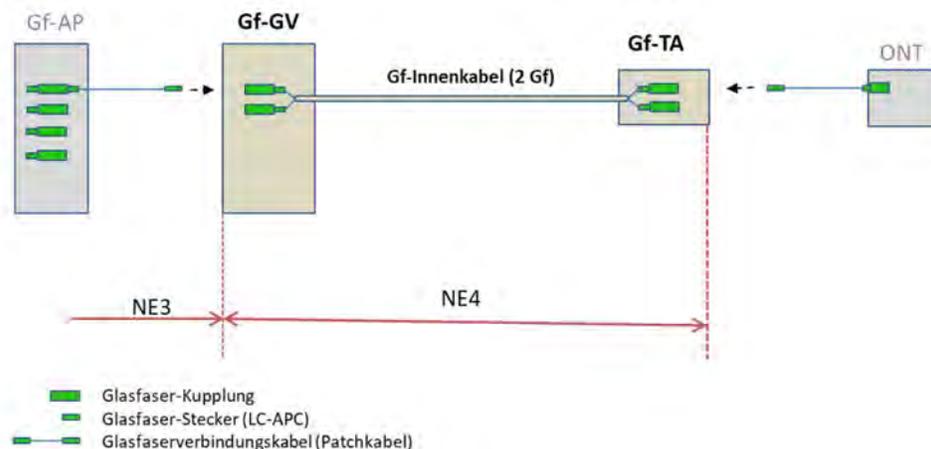


Abbildung 2: Darstellung der Netzebenen des Glasfasernetzes (Quelle: DT)

Das **Wohnungsnetz (NE 5)** ist das Kommunikationsnetz innerhalb der Wohnung. Es beginnt an einem zentralen Verteilpunkt in der Wohnung (z.B. Multimediaverteiler) und geht zu den einzelnen Räumen, Wanddosen bzw. Endgeräten wie PC, Set-Top-Box und Fernsehapparat.

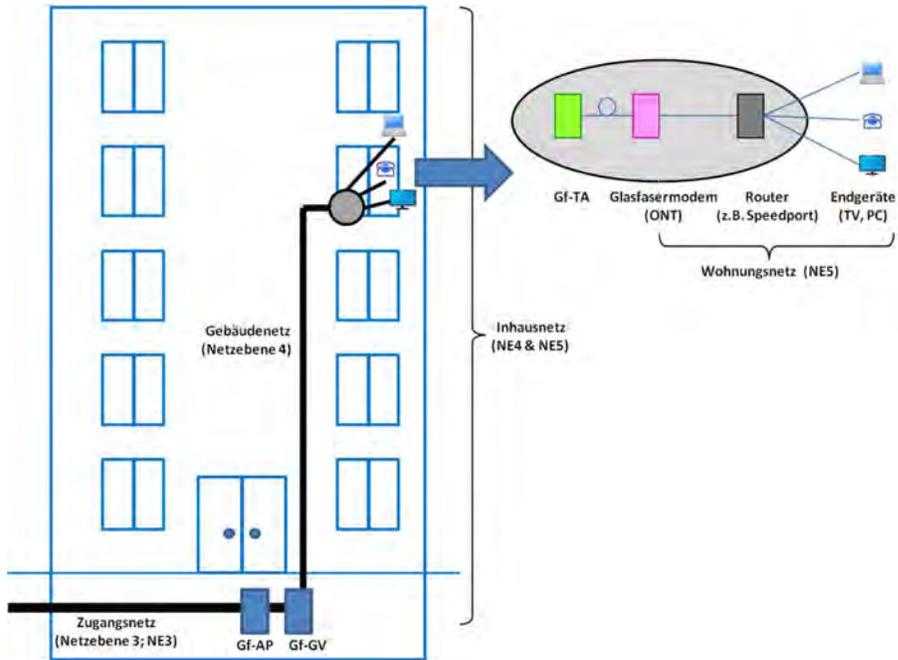


Abbildung 3: Netzebenen im Mehrfamiliengebäude (Quelle: DT)

Zwischen Gf-TA und Wohnungsnetz befindet sich das Gerät zum Abschluss des optischen Zugangsnetzsystems – das Glasfasermodem (auch ONT - Optical Network Termination). Im ONT wird das optische Signal in ein elektrisches Signal umgewandelt. Das ONT ist entweder im Router integriert oder ein separates Gerät, welches einem Router (z. B. Speedport, Fritzbox, usw.) die Signale zuführt. Der Router wiederum verteilt das Eingangssignal auf verschiedene Ausgangsports bzw. auf das Wohnungsnetz, welches als strukturierte Verkabelung (Sternverkabelung zu den einzelnen Räumen) ausgelegt sein sollte.

## 2 Anforderungen an Glasfasergebäudenetze

### 2.1 Mehrfamilienhäuser und Gewerbeeinheiten

Zur Minimierung des Aufwandes werden im Folgenden grundsätzliche Anforderungen beschrieben, um Wohngebäude schnell und ohne zusätzliche Baumaßnahmen an ein Glasfasernetz anzuschließen (vorbereitende Maßnahmen für Glasfaseranschlüsse). Ist dies geschehen, kann ein Netzanbieter den Glasfaseranschluss beim Kunden einfach und schnell installieren. Die folgende Skizze zeigt die benötigten Netzkomponenten, welche zu Beginn installiert werden, sowie die zusätzlichen Komponenten, die vom Netzbetreiber zu einem späteren Zeitpunkt eingebaut werden, um Dienste über Glasfasernetze anzubieten.

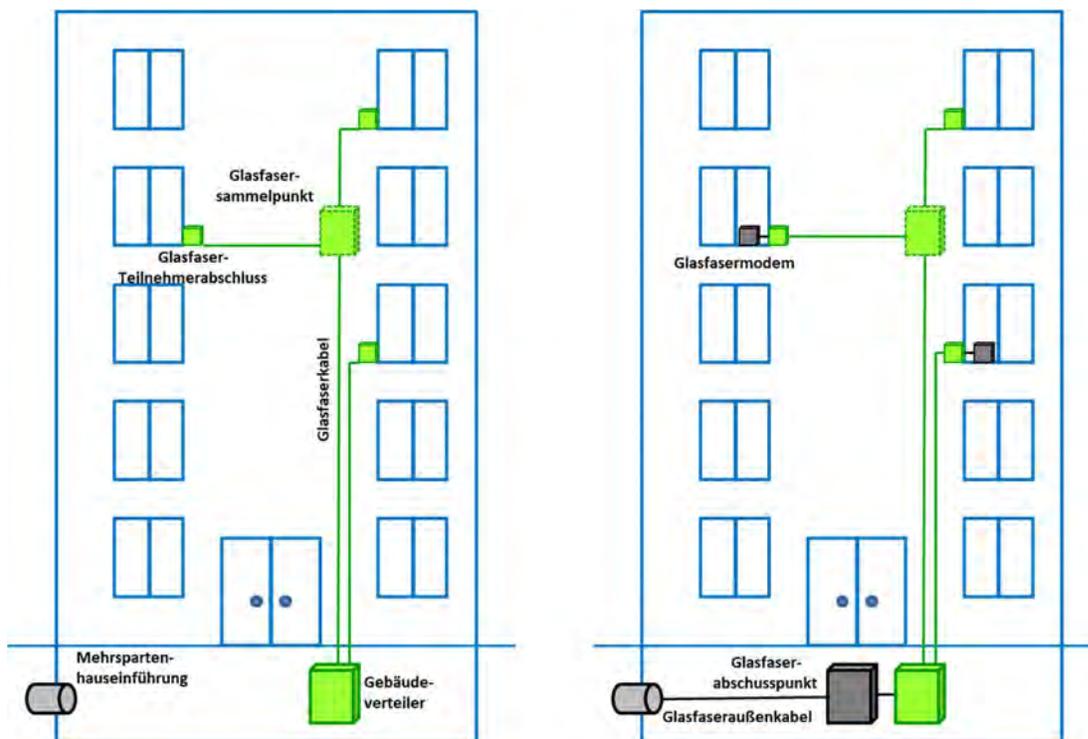


Abbildung 4: Glasfasergebäudenetze; grün=Gebäudenetz (Quelle: DT)

Da es in der optischen Nachrichtentechnik mittlerweile eine Vielzahl von Normen, Kabeln und Steckern gibt, empfehlen wir in diesem Ratgeber Komponenten für die Infrastruktur, die künftigen Anforderungen gerecht werden und optimal mit dem FTTH-Netz der DTAG und anderer Netzbetreiber zusammenspielen.

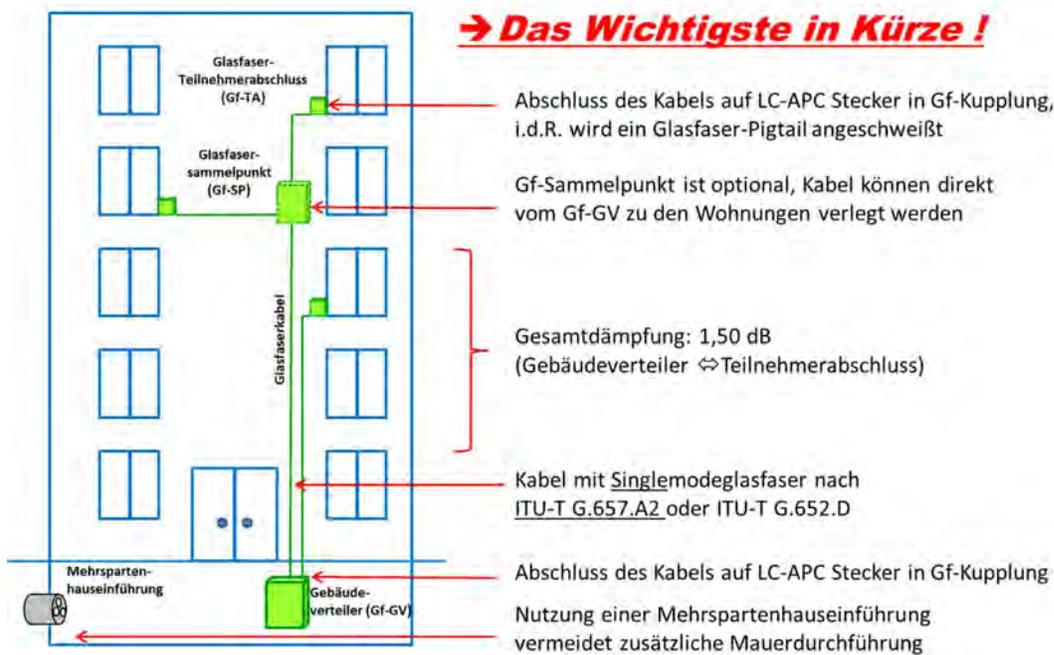


Abbildung 5: Übersicht Glasfasergebäudenetz – „Das Wichtigste in Kürze“ (Quelle: DT)

In der Wohnung wird eine Glasfaser-Teilnehmerabschlusdose installiert. In dieser wird das Glasfaserkabel auf einem LC-APC Stecker abgeschlossen. An diese Dose wird später mit einem kurzen Glasfaser-Verbindungskabel das ONT (auch Glasfasermodem) angeschlossen. Das ONT versorgt dann den Router (auch Home Gateway, z. B. Speedport oder Fritzbox). Am Markt können auch Home Gateway erworben werden, die eine ONT-Funktion integriert haben. Als Kabel kommen ausschließlich Singlemodeglasfasern zum Einsatz (ITU-T G.652.D und ITU-T G.657x). In Gf-Gebäudenetzen sollten die **biegeunempfindlichen** Singlemodeglasfasern (ITU-T G.657x) eingesetzt werden, da sich bei diesem Gf-Typ enge Biegeradien bei der Installation nicht so stark auswirken (Dämpfung bleibt niedrig). Werden Glasfasern nach ITU-T G.652.D eingesetzt, ist unbedingt darauf zu achten, dass die minimal zulässigen Biegeradien (ca. 30 mm) nicht unterschritten werden. Werden die Biegeradien unterschritten, können hohe Gf-Dämpfungen auftreten, so dass der zulässige Dämpfungswert für das Gf-Gebäudenetz von maximal 1,5 dB weit überschritten wird. Dies führt zu Störungen und ggf. zum Totalausfall der Übertragung bei der Inbetriebnahme.

Für jede Wohnung sollten vom Gf-GV bis zur Gf-TA Gf-Kabel mit mindestens zwei Glasfasern je Wohneinheit gebaut werden. Werden Wohneinheiten für geschäftliche Zwecke genutzt, sollten vier Glasfasern für diese Wohn-/Gewerbeeinheit vorgesehen werden. Im Keller werden alle Glasfasern der Glasfaserkabel in einem Gf-Gebäudeverteiler abgeschlossen. An das Ende der Glasfasern wird je ein Glasfaserstecker Typ LC-APC angespleißt. Die Kabel/Stecker im Gf-Gebäudeverteiler müssen beschriftet werden, damit bei der später durchzuführenden Beschaltung die zugehörigen Wohnungen schnell zu finden sind.

Glasfaserkabel können direkt in die Wohnungen oder über sogenannte Glasfasersammelpunkte (Etagenverteiler) geführt werden. Der Einsatz vorkonfektionierter Steigleitungskabel (d. h. am Kabelende im Keller sind bereits alle Stecker des Kabels werksseitig montiert) kann den Montageaufwand vor Ort minimieren.

Die Gf-Führung, die Gf-Verspleißung und der Gf-Abschluss (im Gf-Gebäudeverteiler, im Etagenverteiler bzw. Sammelpunkt und in den Wohnungen) müssen dokumentiert werden. Auf Anfrage soll diese Dokumentation dem Netzbetreiber zur Verfügung gestellt werden, damit bei einer eventuellen später durchzuführenden Störungsbeseitigung kurze Entstörzeiten eingehalten werden können.

## 2.2 Mögliche Netzstrukturen in Mehrfamilienhäusern und Gewerbeeinheiten

Im Folgenden werden verschiedene Netzstrukturen aufgezeigt, um alle Wohnungen und Gewerbeeinheiten des Gebäudes mit den Glasfasern anzuschließen. Um möglichst kostenoptimal auszubauen, müssen immer die örtlichen Gegebenheiten beachtet werden (Steigebereiche, Flure, etc.).

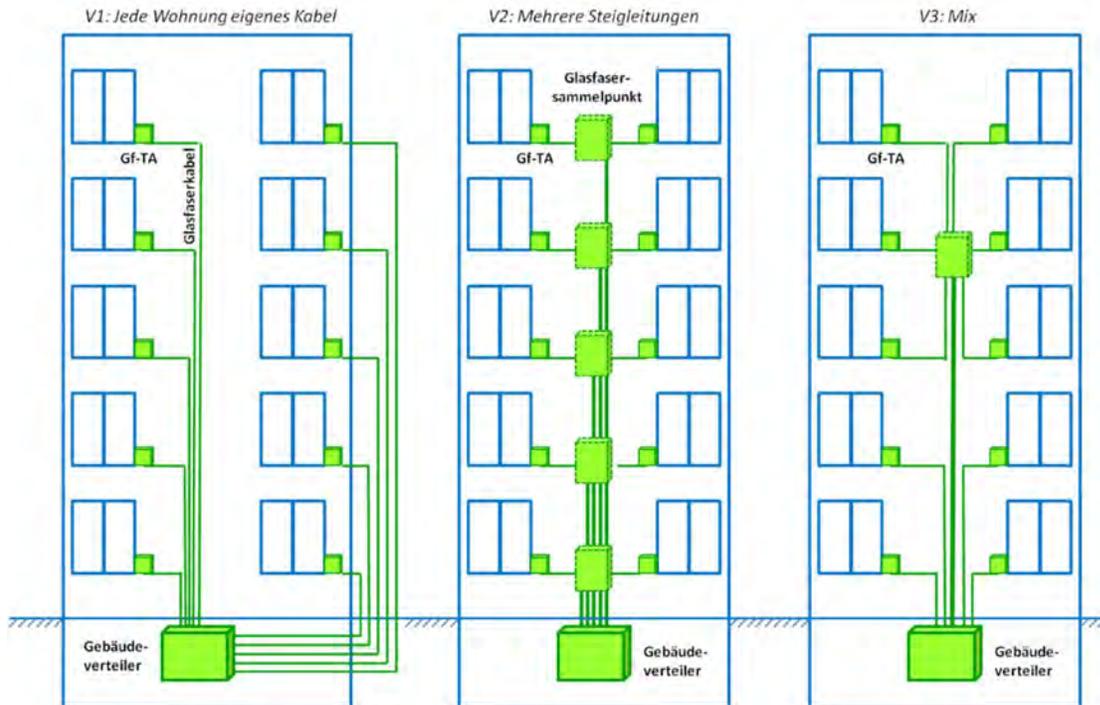


Abbildung 6: Netzstrukturen in Mehrfamiliengebäuden (Quelle: DT)

Bei größeren Gebäuden ist aus praktischen Gründen der Einsatz von Glasfaser-Sammelpunkten (passive Verteilpunkte) zu empfehlen. Aber auch ein Mix könnte zur Optimierung beitragen, d. h. die Wohnungen der unteren Etagen werde z. B. direkt mit einem Kabel angeschlossen, die oberen Wohnungen werden über einen Sammelpunkt geführt.

**V1:** Zwischen Gf-GV und Gf-TA wird ein Kabel direkt verlegt. Dabei kann es sich in der Regel um ein Kabel mit zwei oder vier Glasfasern pro Kabel handeln. Die Variante ist bei ausreichend großen Steigkanälen zu empfehlen. Sollten diese nicht vorhanden sein, kann sich auch eine Verlegung von speziellen Außenkabeln (Fassadenkabel) auf der Außenwand des Gebäudes anbieten. Auf Glasfaser-Sammelpunkte wird vollständig verzichtet. Ohne zusätzliche Spleißstellen in der NE4 ergeben sich sehr kleine Gesamtdämpfungswerte, die Fehlerquote ist gering und nur von der ordnungsgemäßen Kabelverlegung abhängig. Bei einer Kabelstörung ist dann maximal eine Wohnung betroffen.

**Empfehlung:** Diese Variante eignet sich besonders bei kleinen und mittleren Gebäuden bis ca. 12 Wohneinheiten.

**V2:** In der Variante 2 kommen Glasfaser-Sammelpunkte (Gf-SP), ähnlich Etagenverteilern, zum Einsatz. Jeder Sammelpunkt erhält ein eigenes Steigleitungskabel. Im Gf-Sammelpunkt werden die Glasfaserkabel zu den Wohnungen angespleißt. Diese Wohnungszuführungskabel können wieder Kabel mit zwei oder vier Glasfasern pro Kabel sein. Es ist nicht zwingend erforderlich, auf jeder Etage einen Sammelpunkt zu installieren, ein Sammelpunkt kann auch mehrere Etagen versorgen. Durch

die zusätzliche Verbindungsstelle im Gf-SP erhöht sich je nach Art der Verbindung die Gesamtdämpfung gegenüber V1.

Es kann auch mit vorkonfektionierten Kabeln gearbeitet werden. An diese Kabel sind Gf-GV-seitig die Stecker werksseitig bereits montiert. Es entfallen dabei Spleißarbeiten im Gf-GV. Bei der Verlegung muss auf die Richtung des Kabeleinziehens geachtet werden, um diese Stecker nicht zu beschädigen.

**V3:** In dieser Variante werden einige Wohnungen direkt vom Gf-Gebäudeverteiler versorgt, andere Wohnungen werden über Gf-Sammelpunkte angeschlossen.

## 2.3 Ein- und Zweifamilienhäuser

In Ein- und Zweifamilienhäusern ist es immer sinnvoll als Minimalleistung den Leitungsweg von der Wohnung (Multimediaverteiler/Gf-TA) bis zum Glasfaserabschlusspunkt, in der Regel im Keller oder Versorgungsraum, vorzubereiten. Hierzu zählen Deckendurchbrüche und Leerrohrverlegungen, so dass eine spätere Glasfaserkabelverlegung zügig erfolgen kann.

Darüber hinaus kann auch direkt eine Glasfaserkabelverlegung von der Gf-TA (diese kann sich in der Wohnung (z.B. Hauswirtschaftsraum oder im Multimediaverteiler oder bei den Endgeräten befinden) bis zum Glasfaserabschlusspunkt vom Hauseigentümer als Vorleistung erbracht werden. Dabei ist zu beachten, dass das Glasfaserkabel mindestens 2 Glasfasern enthalten sollte. In der Wohnung dient als Abschlusskomponente eine Gf-TA. Die Glasfasern in der Gf-TA müssen mit LC-APC-Steckern abgeschlossen werden. Es ist ein Einmoden-Glasfaserkabeltyp zu verwenden (siehe Kapitel 4).

In EFH und ZFH ist es nicht zwingend erforderlich einen Glasfasergebäudeverteiler (Gf-GV) zum Abschluss der Glasfasern im Keller zu setzen. Im Keller muss das Kabelende bis an den Ort, an dem der Glasfaserabschlusspunkt (Gf-AP) installiert werden soll, geführt werden. Es ist darauf zu achten, dass für die Gf-Montage genügend Kabelvorrat (ca. 2m) am Ort des Gf-AP vorhanden ist. Ist vom Hausbesitzer vorgesehen, dass der Gf-AP außen an der Wand befestigt werden soll, ist das Innenkabel bis zu diesem Ort zu führen. Auch hier ist dann ein Gf-Kabelmontagevorrat von ca. 2 m zu beachten.

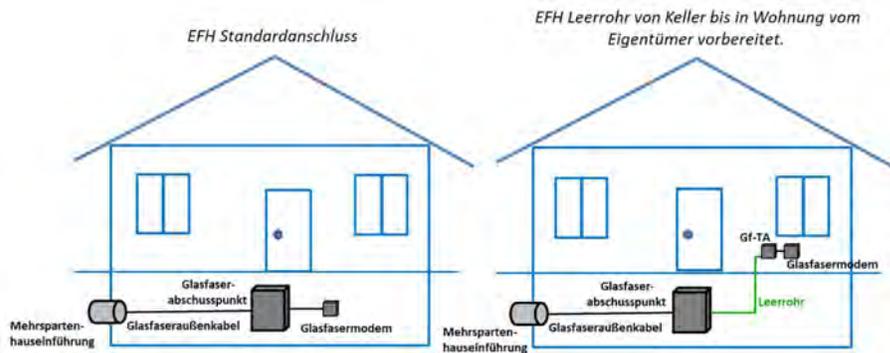


Abbildung 7: Beispiel eines Glasfasergebäudenetzes für EFH (Quelle: DT)

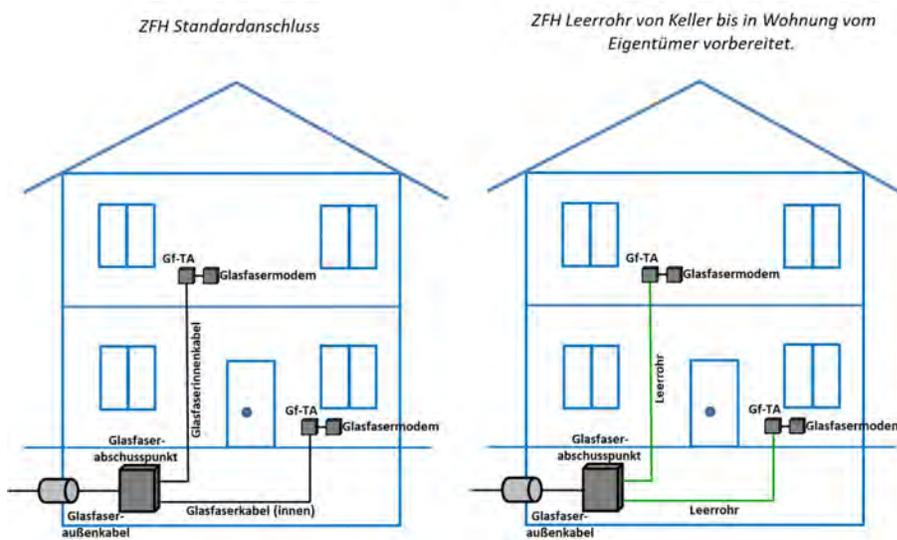


Abbildung 8: Beispiel eines Glasfasergebäudenetzes für ZFH (Quelle: DT)

## 2.4 Mögliche Netzstrukturen in der Wohnung

In der Wohnung sollte eine bauseitige Netzwerkverkabelung vorgesehen werden, d. h. von einem zentralen Ort (z. B. Hauswirtschaftsraum) führt eine sternförmige Netzwerkverkabelung in alle Zimmer, um z. B. Mediareceiver oder Computer per LAN-Kabel anzubinden. Optimal ist die Versorgung der Zimmer mit 2x RJ45 Buchsen – damit ist auch immer sichergestellt, einen Hin- und Rückweg zu schalten bzw. eine zusätzliche WLAN (Mesh) Antenne zu installieren, um bestimmte Bereiche der Wohnung besser „auszuleuchten“. Bei der Planung ist darauf zu achten, dass in der Nähe der Netzwerkdoesen auch „ausreichend“ 230 V-Steckdosen installiert werden!

Trotz Powerline- und WLAN-Lösungen ist eine sternförmige Netzwerkverkabelung zu bevorzugen, um eine störungsfreie Datenübertragung, gerade auch bei sehr schnellen Internetverbindungen, sicherstellen zu können.

Weitere Ausführungen dazu sind in Kapitel 10 „Das Wohnungsnetz“ beschrieben.

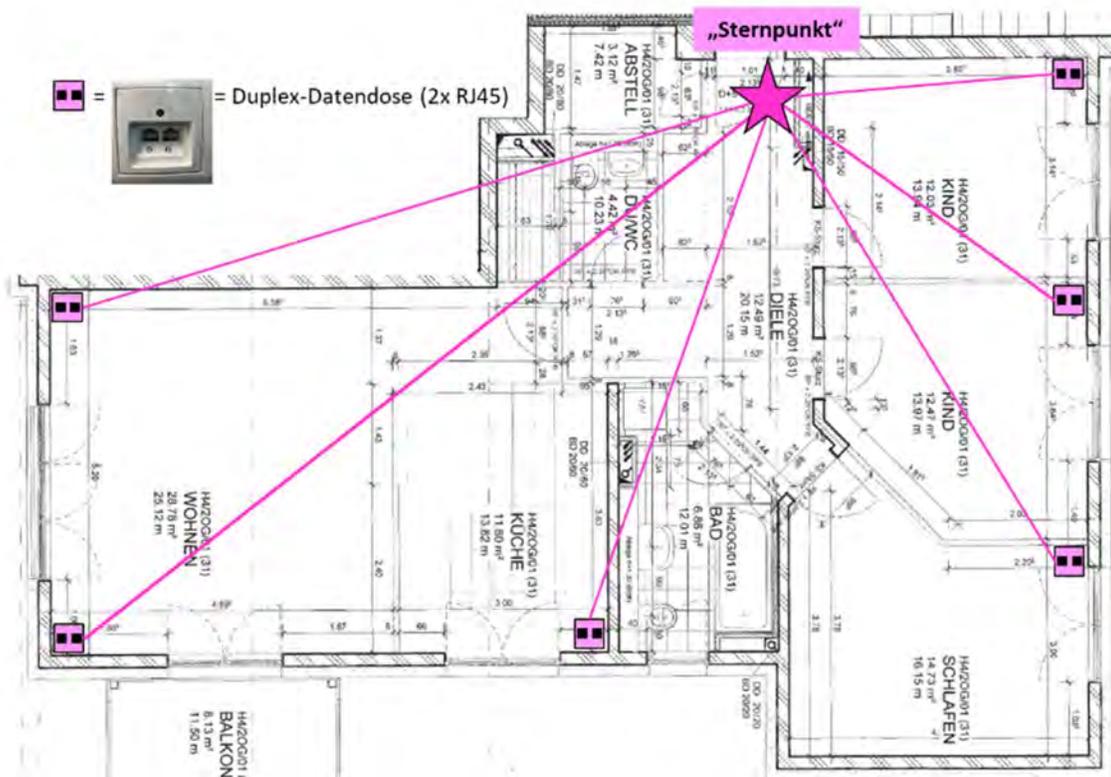


Abbildung 9: Schematisches Datennetz innerhalb der Wohnung zu einem Sternpunkt (Quelle: DT)

## 3 Kabelführungssysteme

An dieser Stelle sollen einige Möglichkeiten zu den Kabelführungssystemen aufgezeigt werden. Auf gesetzliche und normative Hintergründe wird in Kapitel 12 eingegangen.

Eine Kabelführungs- bzw. Rohranlage ist grundsätzlich immer von Vorteil, um ggf. zu einem späteren Zeitpunkt, falls erforderlich, die eingebrachten Kabel auszutauschen. Dabei sind in jedem Fall die dafür notwendigen regionalen Brandschutzauflagen zu beachten.

Bei Neubauten oder Rekonstruktionsmaßnahmen in Gebäuden bietet es sich an, Wellrohre oder SpeedNetRohre für innen (SNRi) einzusetzen, in denen dann zu einem späteren Zeitpunkt die Glasfaserkabel eingezogen bzw. eingeblasen werden.

Bei Bestandsgebäuden, in denen keine Leerrohrsysteme verbaut wurden, bleibt oft nur die Möglichkeit mit Kabelkanälen zu arbeiten oder es gelingt, einen Versorgungsweg auf der Außenwand bzw. Gebäudefassade mit Fassadenkabel zu realisieren.

**Hinweis: Für den Einsatz der Kabelführungssysteme müssen die Vorgaben und Anforderungen der Bauproduktenverordnung und der jeweiligen Landesbauordnungen beachtet werden.**

### 3.1 Kabelkanäle

Am Markt sind Kabelkanäle aus Kunststoff und aus Metall erhältlich. Kabelkanäle werden überwiegend zum nachträglichen, geordneten Einbringen von Kabeln in Gebäuden/Räumen benutzt. Aus brandschutzrechtlichen Gründen sind bei Aufputz-Montage der Kabelkanäle in Fluchtwegen (Treppenhäuser, Fluren, etc.) nur Kabelkanäle aus Metall zulässig.

**Hinweis: Beachten Sie die regionalen Brandschutzvorgaben der Landesbauordnungen!**

### 3.2 Installationsrohre

Installationsrohre dienen zur einfachen Befestigung und Führung von Kabeln an Decken und Wänden. Bei Nutzung von Installationsrohren ist darauf zu achten, dass Gf-Kabel mit erhöhten Brandschutzeigenschaften (wie z.B. B2<sub>CA</sub>) einzusetzen und die maximal zulässigen Biegeradien der Gf-Kabel einzuhalten sind.

**Hinweis: Installationsrohre aus PVC sind in Fluren/notwendigen Fluren sowie Treppen/notwendigen Treppen nicht zugelassen.**

### 3.3 Kabelführungswannen/-behälter

Kabelführungswannen werden häufig in großen Gebäuden in Untergeschossen und Versorgungsräumen an Decken installiert, um möglichst viele Kabel in den verschiedenen Versorgungsrichtungen führen zu können. Werden die Gf-Kabel in Kabelführungswannen verlegt, ist darauf zu achten, dass Gf-Kabel mit erhöhten Brandschutzeigenschaften (wie z.B. B2<sub>CA</sub>) einzusetzen und die maximal zulässigen Biegeradien der Gf-Kabel einzuhalten sind.

**Hinweis: Kabelführungswannen/ -behälter sollten nur innerhalb eines Brandabschnittes gebaut werden.**

### 3.4 Wellrohre / Flex-Rohre – 25 mm

Zur Vorbereitung der Verlegung von Glasfaserkabeln in Gebäudenetzen können Elektroinstallationsrohre (Wellrohre/Flex-Rohre) eingesetzt werden. In einem solchen Rohrnetz sind Kabel und Leitungen auswechselbar und gegen Beschädigung geschützt. Dies ermöglicht eine einfache Änderung oder Erweiterung des Gebäudenetzes.

Diese Rohre werden unter Putz verlegt. Wegen brandschutzrechtlicher Anforderungen müssen Rohrnetze in Fluren und / oder Treppenhäusern unter Putz verlegt und z.B. mit 15 mm dickem mineralischem Putz überdeckt sein.

Für die Verlegung im Gebäude sollten Rohre mit einem Außendurchmesser von mindestens 25 mm vom Gf-Gebäudeverteiler bis zu jeder Gf-TA (zu jeder Wohnung) eingesetzt werden.

Damit Kabel einfach eingezogen werden können, ist das Rohrnetz ohne enge Biegungen zu verlegen. Der angegebene minimale Biegeradius der Hersteller darf nicht unterschritten werden. Elektroinstallationsrohre mit hochgleitfähiger- oder stoßkantenfreier Innenschicht eignen sich besonders gut hierfür. Alternativ hierzu gibt es Flex-Rohre in denen sich ein Kabeleinzugsdraht befindet. Diese erleichtern das spätere Einziehen von Gf-Innenkabeln.



Abbildung 10: Flex-Rohr/Wellrohr; z.B. Smart-Net-Rohr (Quelle: Fa. Fränkische Rohrwerke)

### 3.5 Leerrohrnetze mit Mikrorohren für Glasfaserkabel zum Einblasen

Zu den bisher vorgestellten Kabelkanal- und Rohr-Anlagen kann alternativ auch eine relativ neue Leerrohrtechnologie mit Mikrorohren (oder auch Speed-Net-Rohre oder Speedpipes genannt) eingesetzt werden. Am Markt sind viele verschiedene Hersteller und Größen dazu verfügbar.

Im Besonderen eignet sich diese Leerrohrstruktur für Mehrfamiliengebäude und Gebäude mit mehreren Gewerbeeinheiten, da bei der Vielzahl der Rohre geringe Rohrdurchmesser weniger Platz an den Abschlusseinheiten (z. B. Gf-GV) benötigen. Es ist darauf zu achten, dass möglichst alle installierten Mikrorohre an einem Ort im Keller oder Hausanschlussraum (z.B. Elektroanschlussraum) enden, um das Einblasen der entsprechenden Mikrokabel von einem zentralen Ort durchzuführen.

Die SNRi (Speed-Net-Rohre innen) stellen ein auf die Belange von Gf-Kabeln optimiertes Leerrohrsystem dar, welches klein, ausreichend stabil sowie montagefreundlich ist. Hierbei ist zu beachten, dass es für jeden SNRi-Durchmesser optimierte dazu passende Gf-Innenkabel (Mikrokabel) mit entsprechendem Außendurchmesser gibt. Sind SNRi-Durchmesser und Gf-Kabeldurchmesser optimal aufeinander abgestimmt, werden gute Einblasergebnisse erzielt. Entsprechende Mikrokabel zum Einblasen für diese SNRi (Mikrorohre) von verschiedenen Herstellern werden am Markt

angeboten. Die SNRi werden i.d.R. mit der Nomenklatur Außendurchmesser x Wandstärke benannt (z.B. SNRi 7x1,5). Diese haben einen Außendurchmesser von 7 mm, eine Wandstärke von 1,5 mm und somit einen Innendurchmesser von 4 mm.

**Hinweis: SNRi (Speed-Net-Rohre innen) sind aufgrund ihrer Eigenschaften speziell für die Verlegung in Gebäuden vorgesehen. Für die Verlegung in der NE3 (Vermittlungsstelle bis zum Gebäude) gibt es auch SNR (Speed-Net-Rohre), die aber aufgrund ihrer Eigenschaften nicht für den Inhaus-Bereich geeignet sind.**

Einblastests haben gezeigt, dass das Einblasen über eine Länge von 150 m problemlos möglich ist – entsprechendes Einblaseequipment vorausgesetzt. Ein Einschleiben von Hand ist nicht zu empfehlen, da wegen fehlender Druckluft eine hohe Reibung zwischen Kabel und Mikrorohr entsteht und dadurch nur wenige Meter Kabel eingeschoben werden können.

Die Verlegung von Mikrorohren ist relativ einfach und mit der Verlegung „normaler“ Kabel zu vergleichen. Biegeradien müssen beachtet werden, da aber das Rohr relativ stabil ist, hat es eine Art Selbstbegrenzung.

Nachfolgend werden Beispielbilder zum SNRi-System und den erhältlichen Formteilen, um z. B. Rohre zu verbinden oder das Rohr zum Kabel hin abzudichten, aufgezeigt.

SNRi sind grundsätzlich für die Durchführung durch Brandabschottungen zugelassen (siehe ABZ/ETA). SNRi haben eine Freigabe für Elektroinstallationsrohre nach EN 61386-22 und die Angaben bezüglich Material (Kunststoff), sowie Durchmesser und Wandstärken stimmen mit denen der SNRi überein.

In der folgenden Tabelle sind einige Brandabschottungen aufgeführt, die diese Voraussetzungen erfüllen.

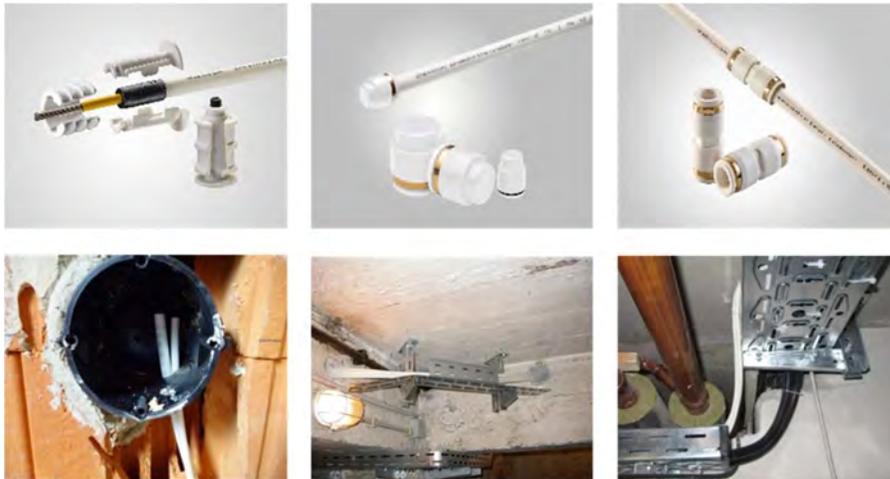


Abbildung 11: Bauteile und Praxisbeispiele von installierten Mikrorohren SNRi 7 x 1,5 (Quellen: Fa. Gabocom u. DT)

Hersteller	Bezeichnung	Zulassung	Gültigkeitsdauer	Feuerwiderstand
FST	FST-Kabelbox-Kombi	ABZ / Z-19.15-1042	01.03.2021	S 90
HILTI	Brandschutzstein CFS-BL P <i>optional: Brandschutzfüllmasse CFS-FIL</i>	ABZ / Z-19.15-2088	16.04.2023	S 30
		ABZ / Z-19.15-2083	11.12.2019	S 90
Kaiser	KSS Kaiser Schott System DS 90	ETA-14/0159	keine	bis EI 90
Hersteller	Bezeichnung	Zulassung	Gültigkeitsdauer	Feuerwiderstand
Walraven	BIS Pacifyre IWS Brandschutzstein	ETA-14/0307	keine	EI 90 / EI 120
Wichmann	WD 90, System Wichmann	ABZ / Z-19.15-202	02.12.2020	S 90
Würth	Würth Kabelbox kurz	ABZ / Z-19.15-1428	19.03.2020	S 30 / S 90
Würth	Würth Kabelbox lang	ABZ / Z-19.15-1429	02.12.2020	S 90
Zapp-Zimmermann	Kombischott ZZ-Steine 200 BDS-N <i>optional: Brandschutzdichtmasse BDS-N</i>	ABZ / Z-19.15-1182	17.12.2020	S 90
Zapp-Zimmermann	System ZZ-Stopfen BDS <i>optional: Brandschutzdichtmasse BDS-N</i>	ABZ / Z-19.15-1316	01.06.2020	S 30 / S 60 / S 90
Zapp-Zimmermann	ZZ-Brandschutzschaum 2K NE <i>optional: Kartuschenpatrole 2K NE</i>	ETA-11/0206	keine	bis EI 120

Abbildung 12: Beispiel von erlaubten Brandschottungen für SNRi der Fa. Gabocom (Quelle: Fa. Gabocom)

SNRi sind Elektroinstallationsrohre nach EN 61386-22. Elektroinstallationsrohre gehören der Niederspannungsrichtlinie an und fallen **nicht** wie Kabel unter die Bauprodukteverordnung (CPR). Die DIN EN 61386-22 ist unter der Niederspannungsrichtlinie harmonisiert. Aus diesem Grund müssen Rohre mit dem CE- Kennzeichen versehen sein.

Die EN 61386 regelt zum einen die Kompatibilität mit dem Brandschott zum anderen ist der Klassifizierungscode der sich aus dieser Norm ergibt, die Grundlage für die Verlegung der SNRi. Anhand eines Klassifizierungscode der sich aus den Prüfungen nach DIN EN 61386-22 generiert, wird die Verlegung nach DIN VDE 0100-520 definiert.



Abbildung 13: Beispiel eines SNRi 7x1,5 (Quelle: Fa. Gabocom)

Die erlaubten Verlegearten sind den Produktblättern der jeweiligen SNRi-Hersteller zu entnehmen. Erlaubte Verlegearten am Beispiel eines SNRi AD 7 (Wandstärke 1,5mm) gemäß IEC 60364-5-52:

Verwendung nach DIN VDE 0100-520:2013-06 / IEC 60364-5-52:2009-10		erlaubt	nicht erlaubt
Montage im Freien	Ungeschützte Montage	x	
	Montage		
im Gebäude	Ungeschützte Montage (auf Putz)	x	
	Unterflurmontage (Estrich)	x	
	Verlegt in Beton	x	
	Verlegt in Hohlwand / Holz (brennbare Materialien)	x	
	Verlegt in Putz	x	
	Verlegt in baulichen Hohlräumen	x	
	Verlegt in abgehängten Decken	x	
	Deckenmontage (Befestigungsabstand < 0,80m)	x	

Abbildung 14: Verlegearten gemäß IEC 60364-5-52 ; SNRi 7x1,5 (Quelle: Fa. Gabocom)

### 3.5.1 Einblasen von Glasfaser-Mikrokabel in Mikrorohre

Für das Einblasen von Mikrokabeln sind einige Spezialgeräte (Kompressor, Einblasgeräte, Kabelabspuler) notwendig. Sehr wichtig ist ein gewisses Know-how von Fachfirmen, um die Installation fachgerecht durchzuführen. Als Vorbereitung des Einblasvorgangs muss das Mikrorohr mittels eines Schwamms gereinigt und danach Gleitmittel in einer definierten Menge ebenfalls mit einem Schwamm eingebracht werden. Durch den Crash-Test wird die maximal zulässige Schubkraft des Kabels ermittelt. Die max. Schubkraft wird am Einblasgerät zur Vermeidung von Kabelschäden eingestellt. Das einzublasende Kabel ist mit einem Kabelführungskopf zu versehen, welcher das Steckbleiben an Stoßstellen und Verbindern verhindert. Wichtig ist der Einsatz eines Kabelabspulers mit einer gelagerten Welle, um das Abspulen des Kabels leichtgängig zu ermöglichen. Ein Einblasvorgang mit professioneller Einblastechnik dauert ca. 3 min für eine Länge von 150 m.

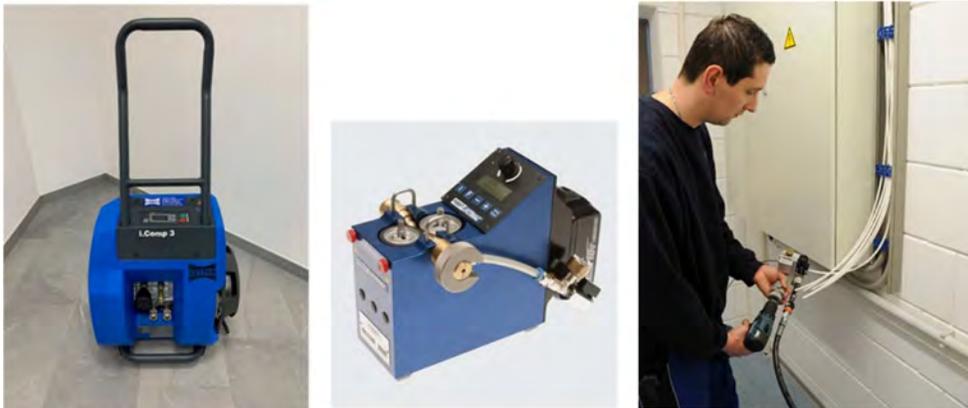


Abbildung 15: Kompressor, Einblasgerät u. Kabeleinblasvorgang in Mikrorohr der NE4 (Quelle: Fa. Vetter)

Für das Einblasen in der Gebäudeinstallation kommen kleinere Kompressoren als bei der Installation im Außenbereich zum Einsatz.

Bei der Auswahl und dem Einsatz der Kompressoren sollten folgende Anforderung beachtet werden:

- Einblasdruck von bis zu 12 bar,
- Luftmenge 100 – 200 l/min,
- 230 V/AC Elektroanschluss,
- Gute Schalldämmung, einfacher Transport mit geringem Gewicht, wenn möglich fahrbar.

Bei der Auswahl und dem Einsatz eines Einblasgerätes für die NE4 sollten folgende Anforderung beachtet werden:

- Einfache Bedienung des Gerätes,
- Geeignet für Einblaslängen von mindestens 150 m,
- Elektrischer Antrieb, Schubkraft von mindestens 20 N,
- Schnelle Bestimmung und Begrenzung der max. Schubkraft zur Vermeidung von Kabelschäden,
- Einfache Anpassung und Adaption an die unterschiedlichen Kabel und Rohrdimensionen,
- Komfortable Anzeige von Einblaslänge und Einblasgeschwindigkeit,
- Standhaltung eines hohen Kompressordrucks und Druckdichtigkeit von bis zu 12 bar,
- Portable Ausrüstung mit geringem Gewicht und Volumen.

## 4 Die geeignete Glasfaser – Singlemodeglasfaser

### 4.1 Einordnung und Übersicht

Es gibt am Markt verschiedene Arten von Lichtwellenleitern (Mehrmodenglasfasern ↔ Einmodenglasfasern), welche in einschlägigen Normen spezifiziert sind. Jeder Typ wird gemäß seiner optischen Übertragungseigenschaften für unterschiedliche Anwendungsfälle (z.B. Transatlantik-kabel, Weitverkehrsnetze oder Rechenzentren) eingesetzt.

- Für die Einmodenfaser sind Begriffe wie Monomode-Glasfaser und Singlemode-Glasfaser gleichzusetzen.
- Für die Multimodefaser wird auch häufig der Begriff der Gradientenindexfaser verwendet. Da diese in FTTH Netzen keine Relevanz hat, wird diese hier auch nicht weiter beschrieben.

In der Netzebene 3 werden von nahezu allen Netzbetreibern **Einmodenfasern** eingesetzt. Daher ist es notwendig, auch in der Netzebene 4 ausschließlich **Einmodenglasfasern** einzusetzen.

**Für Gebäudenetze von Privat- und Geschäftskundenanschlüssen wird die Einmodenglasfaser eingesetzt!**

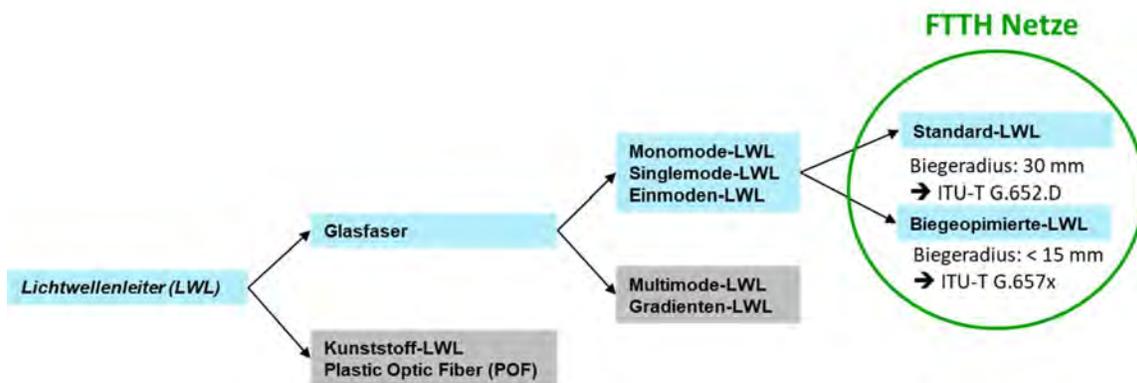


Abbildung 16: Übersicht und Einordnung verschiedener Lichtwellenleiter (Quelle; DT)

Der Faserkern ist im Durchmesser gegenüber der Übertragungswellenlänge sehr klein, es ist im Prinzip nur noch ein Lichtmode ausbreitungsfähig. Die Modendispersion (nur die Modendispersion) ist dadurch vernachlässigbar, damit ist die Übertragungsbandbreite theoretisch unbegrenzt. Diese Einmodenfaser ist heute Standard in allen optischen Übertragungsnetzen, unabhängig von der Netzebene.

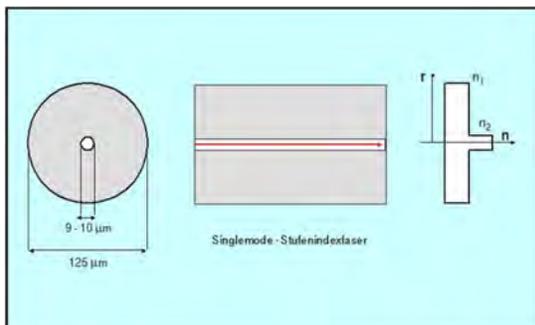


Abbildung 17: Singlemodefaser; Prinzipdarstellung Lichtleitung (Quelle: DT)

Da eine Glasfaser wie der Name schon sagt aus Glas besteht – muss diese entsprechend „verpackt“ werden, damit sie nicht bricht. Diese Funktion wird durch das sogenannte Coating realisiert. Dabei unterscheidet man grundsätzlich die 250 µm Variante und 900 µm Varianten (diese haben eine zusätzliche zweite Schutzschicht - zweites Coating). Um daraus ein Kabel herzustellen werden entweder eine gewisse Anzahl von 250 µm-Glasfasern in einer sogenannten Bündelader untergebracht (z.B. 4 oder 12 Fasern). Eine oder mehrere Bündeladern werden dann mit einem Kabelmantel umgeben. Oder einzelne 900 µm Fasern werden direkt mit einem Kabelmantel umgeben.

Bei 900 µm Fasern kann man einen Glasfaserstecker werkseitig besser anbauen (wegen höherer Zugkräfte), mit 250 µm Fasern lassen sich im Gegenzug höhere Packungsdichten erreichen, d.h. Kabel und Komponenten können wesentlich kleiner gebaut werden.

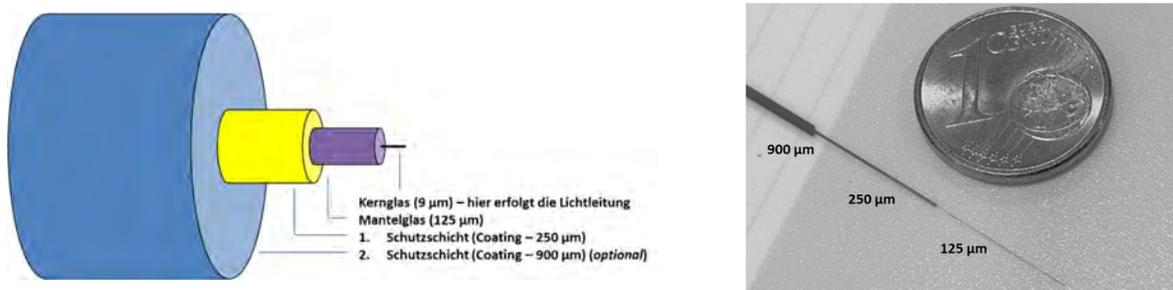


Abbildung 18: Schematischer Aufbau einer Glasfaser; 250 µm ⇔ 900 µm (Quelle: DT)

## 4.2 ITU-T G.652.D

Die sogenannte „Standardglasfaser“ wurde in der ITU normiert und heißt deshalb ITU-T G.652. Die derzeit aktuellste Glasfaser ist genauer mit ITU-T G.652.D benannt – d.h. diese ist mittlerweile die 4. Generation der Standardglasfaser. Diese Glasfaser wird bei heutigen Netzen eingesetzt und ist weltweit im Einsatz. Der minimale Biegeradius ist mit 30 mm festgelegt, d.h. bei 100 Windungen um einen Dorn mit 6 cm Durchmesser darf sich die Dämpfung um nicht mehr als 0,1 dB erhöhen. Gerade in Gebäuden und bei relativ dünnen Kabeln, ist der vorgegebene Radius manchmal nur schwer einzuhalten. Deshalb wurden für den Einsatz auf den „letzten Metern“ des Netzes Fasern entwickelt, welche einen engeren Biegeradius erlauben.

## 4.3 ITU-T G.657.A2

Die sogenannte „biegeoptimierte Glasfaser“ wurde vorrangig für den Einsatz in der Gebäudeverkabelung entwickelt – erste Standards dazu wurden 2006 veröffentlicht. Hier geht es um nahezu identische Übertragungseigenschaften wie bei der ITU-T G.652.D-Glasfaser, jedoch erlaubt dieser Typ Fasern teilweise erheblich engere Biegeradien. Es gibt verschiedene Ausprägungen (Tabellen) des Standards, deshalb soll hier die „prominenteste“ Faser ihre Erwähnung finden. Die Glasfaser gemäß ITU-T G.657.A2 ist ein optimaler Vertreter, um einerseits gut mit den im Gebäude ankommenden Standardfasern nach ITU-T G.652.D zusammenzuarbeiten, andererseits für die Verlegung um Ecken - wie das in Gebäuden und Wohnungen häufig vorkommt – bestens geeignet ist. Bei der Glasfaser nach ITU-T G.657.A2 gibt es nicht den kleinsten Biegeradius. Es sind verschiedene Beispiele definiert: Biegeradius 15 mm (3 cm Dorn) bei 10 Windungen 0,03 dB – also

deutlich weniger als bei der Standardfaser. Aber auch hier gilt: Versuchen Sie nicht Kabel mit dieser Glasfaser rechtwinklig um die Ecke „zu nageln“. Letztlich ist das lichtleitende Medium Glas!

**Fazit:**

**Ein FTTH-Netz funktioniert nur mit Einmodenglasfasern!**

**Vorzugsweise sollten bei der Gebäudeverkabelung biegeunempfindliche Einmodenfasern (gemäß ITU-T G.657.A2) zum Einsatz kommen, da diese bei der Montage um Ecken und Kanten nur geringe Dämpfungserhöhungen haben.**

Aber auch Standard Einmodenfasern (gemäß ITU-T G.652.D) sind geeignet. Bei diesem Glasfasertyp ist besonders auf den minimal einzuhaltenden Biegeradius von 30 mm zu achten. Wird dieser unterschritten, kann dies zu starken Dämpfungserhöhungen führen. Der zulässige Gesamt-Dämpfungswert des Glasfasergebäudenetzes wird überschritten. Dies kann bei der Inbetriebnahme des Gf-Anschlusses zu Störungen und sogar zu Totalausfällen führen.

**Empfehlungen:**

- Einsatz von **Einmodenfasern nach ITU-T G.657.A2** (biegeunempfindlich = montagefreundlicher).
- Es sollten mindestens **zwei Glasfasern pro Wohnung** abgeschlossen werden.
- Bei **Geschäftsanschlüssen sollten mindestens vier Glasfasern** pro Anschluss abgeschlossen werden.

Die folgende Tabelle zeigt die Farben und Zählweisen von Fasern in Glasfaserinnenkabeln der Deutschen Telekom nach VDE 0888. Die Fasern 13 bis 24 erhalten zusätzlich eine Ring-Markierung zu ihrer Farbe.

Farbtabelle Telekom		
1	rot	
2	grün	
3	blau	
4	gelb	
5	weiß	
6	grau	
7	braun	
8	violett	
9	türkis	
10	schwarz	
11	orange	
12	rosa	

Abbildung 19: Nummerierung und Farbschema der Telekom (Quelle: DT)

## 5 Glasfaserkabel (Innenkabel)

Glasfaserkabel sind nichtmetallisch und daher mit einem Leitungssuchgerät nicht ortbar. Sie sollten deshalb in einem Schutzrohr verlegt werden, um versehentliches Anbohren zu vermeiden. Eine genaue Netzdokumentation in Kabellageplänen (möglichst mit Bilddokumentation) wird empfohlen.

### 5.1 Allgemeines zu den Brandschutzanforderungen

Strom-, Steuer- und Kommunikationskabel, welche dauerhaft in Bauwerke eingebaut werden fallen unter die EU-Verordnung 305/2011 (sogenannte Bauproduktenverordnung).

Grundsätzlich gilt im Baurecht und damit im Brandschutz das Ziel, bauliche Anlagen so anzuordnen, zu errichten, zu ändern und instand zu halten, dass der Entstehung eines Brandes und der Ausbreitung von Rauch und Feuer vorgebeugt wird, um die Rettung von Menschen und Tieren sowie wirksame Löscharbeiten zu ermöglichen (§14 MBO – Musterbauordnung).

Daraus entwickelten sich im Laufe der Jahre Anforderungen an Gebäude, Gebäudestrukturen und Rettungswege (Flure, notwendige Flure, Treppen, notwendige Treppen).

Um dem oben genannten Schutzziel in Gebäudeinstallationen zu entsprechen, gibt es zwei Möglichkeiten:

- 1) man verwendet Kabel mit geringen Brandschutzanforderungen und verlegt diese in einen Installationskanal mit Brandschutzeigenschaften (z.B. feuerhemmend) und führt die Installation so durch das Gebäude (oft übliche Elektroinstallation) oder
- 2) man benutzt Kabel mit verbesserten Brandschutzeigenschaften gemäß der aktuellen Bauproduktenrichtlinie, die dann unter Putz oder im Metall-Kabelkanal verlegt werden.

Um auch zukünftigen Anforderungen zum Brandschutz gerecht zu werden, sollten vorzugsweise Gf-Kabel mit verbesserten Brandschutzeigenschaften eingesetzt werden.

Die Deutsche Telekom hat sich für den 2. Weg entschieden und verwendet ausschließlich Glasfaserinnenkabel mit verbesserten Brandschutzeigenschaften. Daher dürfen in von der Deutschen Telekom oder deren Unterauftragnehmern errichteten Metall-Kabelkanälen ausschließlich Glasfaserinnenkabel verwendet werden, die von der Deutschen Telekom spezifiziert und eingeführt wurden.

Ein weiterer Punkt, der aus dem Schutzziel (§3, §14 Musterbauordnung/Landesbauordnung) entstand, ist die Umsetzung von Außenkabel auf Innenkabel nach der Gebäudeeinführung. Glasfaseraußenkabel müssen nach DIN EN 50174-1 innerhalb von 2 m nach der Gebäudeeinführung umgesetzt werden auf Glasfaserinnenkabel. Das gilt analog auch für NE3-Speed-Net-Rohre (SNR), die im Gebäude auf Speed-Net-Rohre (innen) (SNRi) umgesetzt werden müssen.

### 5.2 Mögliche Verlegearten der Glasfaserkabel

Bei der Gebäudeverkabelung ergeben sich unterschiedliche Möglichkeiten der Rohr- und Kabelverlegung.

Je nachdem ob die Gf-Kabel in Rohre eingezogen oder eingepulst werden oder ob Gf-Kabel auf der Fassade oder unter Putz verlegt werden, müssen die Kabel unterschiedlichen Anforderungen genügen und somit spezifische Eigenschaften aufweisen. Speziell die Beschaffenheit der

Kabelmäntel und die erforderlichen Zug- und Schiebekräfte spielen hierbei eine nicht zu vernachlässigende Rolle.

Aus diesen Gründen werden spezielle Gf-Kabel für:

- das Einziehen,
- das Einblasen,
- das Einputzen und
- das Verlegen auf der Fassade

gefertigt und angeboten.

### 5.2.1 Glasfaserkabel zum Einblasen und Einziehen

Neuere Gf-Innenkabeltypen sind so beschaffen, dass sie für das Einblasen in SNRi (7x1,5) und für das Einziehen in Rohren und Gebäudeschachtanlagen geeignet sind. Diese Kabeltypen besitzen eine zentrale Bündelader, in der die 250 µm-Fasern geführt werden. Sie sind mit verschiedenen Faserzahlen (z.B. 1, 2, 4, 6, 12 und 24 Gf) am Markt erhältlich. Darüber hinaus sind diese Kabel auch in der CPR-Brandklasse „B2<sub>CA</sub> s1 a1 d1“ verfügbar, die für die Verlegung von Kabeln in allen Gebäuden, insbesondere Sonderbauten jeglicher Art sowie in den darin befindlichen Fluchtwegen aufgrund jüngst vorgenommener gesetzlicher Modifikationen vorgeschrieben sind.

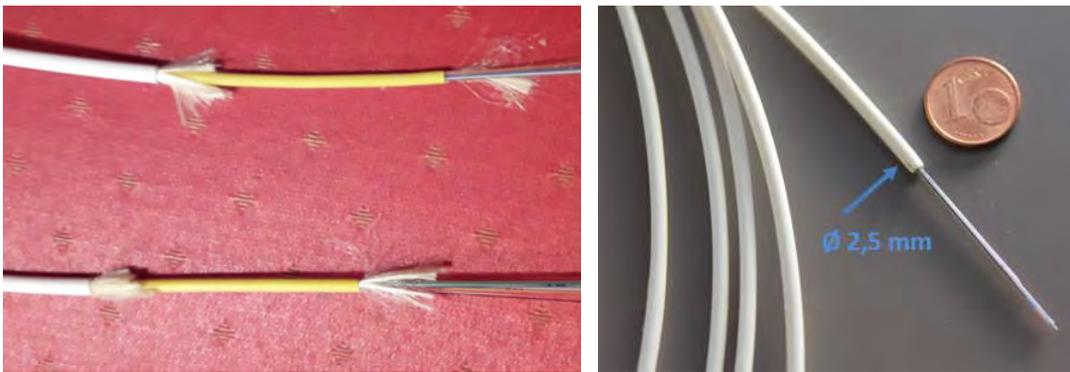


Abbildung 20: Darstellung eines Gf-Innen-Mikrokabels zum Einblasen; Ø 2,5 mm (Quelle: DT)

Alternativ zu den bisher vorgestellten Gf-Innenkabeltypen, die für das Einblasen und Einziehen geeignet sind, bietet der Markt auch Gf-Innenkabel an, die nur für das Einziehen spezifiziert wurden. Diese Kabel besitzen meist einen größeren Außendurchmesser und sind mit 900 µm-Fasern (Festadern) oder mit 250 µm-Fasern in Bündeladern bestückt. Eingesetzt werden diese Kabel häufig für die Verlegung vom Gf-GV bis zu einem Gf-Sammelpunkt (Gf-SP).

In manchen Fällen eignen sich werksseitig vorbereitete Kabel besonders gut, d.h. einseitig sind die Glasfasern dieser Kabel bereits mit den entsprechenden Glasfasersteckern (LC-APC) vorkonfektioniert. Man kann z. B. diese Kabel zu den Etagenverteilern / Sammelpunkten verlegen. Die mit Gf-Steckern vorkonfektionierte Seite wird im Gf-GV aufgelegt. Die andere Seite des Kabels, mit den unkonfektionierten Glasfasern, wird im Etagenverteiler mit den Wohnungszuführungskabeln verspleißt.

Die folgende Skizze zeigt einige Kabelgrößen, diese sind z. B. in Längen von 20 m und 40 m am Markt verfügbar.

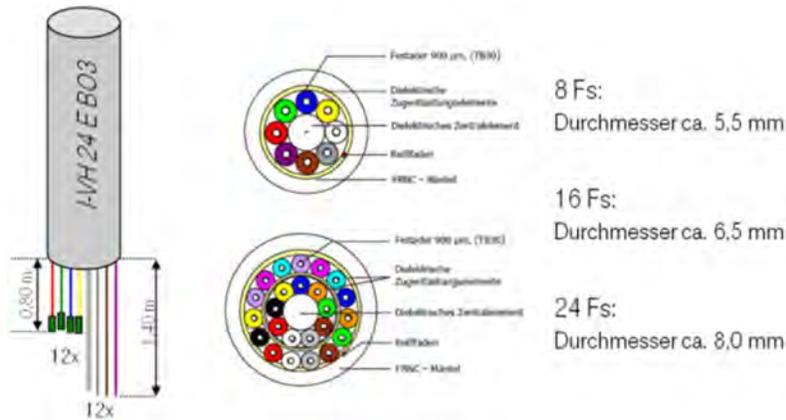


Abbildung 21: Beispiele zu vorkonfektionierten Steigleitungskabeln mit 900 µm Adern (Quelle: DT)

### 5.2.2 Gf- Fassadenkabel (z.B. Unterputzverlegung)

Gf-Fassadenkabel haben in ihrem Aufbau besondere Eigenschaften, die für eine Unterputz- und für eine Aufputzverlegung, auch im Außenbereich, geeignet sind (UV-stabil). Auch bei diesen Kabeltypen gibt es Typen die in ihrem Kabelaufbau mit 900 µm-Fasern oder mit 250 µm-Fasern in Bündeladern ausgestattet sind.

### 5.2.3 Glasfaserverbindungskabel (Patchkabel)

Das Glasfaserverbindungskabel ist ein kurzes Kabel, das 1 m, 2 m oder 5 m lang ist. Es besteht aus einem Glasfaserkabel mit 1 Faser und ist an beiden Seiten mit einem Stecker (z.B. LC-APC Stecker) abgeschlossen. Es wird verwendet, um die Glasfaser des Gf-Abschlusspunktes (Gf-AP) mit der Glasfaser in dem Gf-Gebäudeverteiler (Gf-GV) zu verbinden sowie um die Glasfaser der Glasfaser-Teilnehmerabschlussdose (Gf-TA) mit dem ONT zu verbinden.



Abbildung 22: Glasfaser-Verbindungskabel mit LC-APC Steckern (Quelle: Fa. Corning)

## 6 Glasfasermontage

### 6.1 Techniken zum Verbinden und Abschließen von Glasfasern

Die fachgerechte Montage eines Glasfasersteckers an einem Kabelende vor Ort ist sehr aufwendig und in hoher Qualität (speziell das Polieren der Steckerstirnfläche) eigentlich nicht möglich. Daher wird in den meisten Fällen ein industriell gefertigter Stecker mit einem kurzen Kabel (1 m bis 2 m), ein sogenanntes Glasfaser-Pigtail, an die Glasfaserenden angespleißt (alternativer Begriff: angeschweißt; Fusionsspleiß) oder mit einem mechanischen Spleiß verbunden.

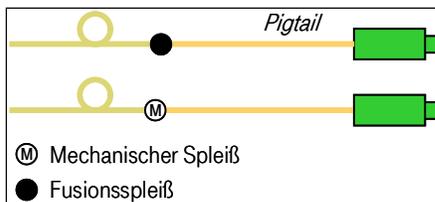


Abbildung 23: Prinzipdarstellung zur Konfektionierung mit Pigtails (Quelle: DT)

In jedem Fall muss die Spleißstelle geschützt werden. Dieser mechanische Schutz muss in den Spleißkassetten in eine dazu passende Aufnahme (Spleißschutzablage) abgelegt werden.

#### 6.1.1 Fusionsspleiß und Fusionsspleißgeräte

Für den Fusionsspleiß (hier spricht man von der Verbindung zweier LWL-Leitungen durch Zufuhr von Wärme mittels eines Lichtbogens) gibt es verschiedene Spleißgeräte auf dem Markt. **Die Deutsche Telekom empfiehlt 3-Achsen-Fusionsspleißgeräte einzusetzen.** Die Einfügedämpfung eines Fusionsspleißes ist wesentlich geringer als bei einer mechanischen Verbindung. Die Größenordnung der Einfügedämpfung bei einem Fusionsspleiß von identischen Glasfasern liegt bei ca. 0,05 dB. Das Fusionsspleißverfahren ist sehr zuverlässig und besonders langzeitstabil und wird für den Aufbau von Glasfasergebäudenetzen empfohlen.



Abbildung 24: Fusionsspleißstation Sumitomo T-72-C (Quelle: Fa. TSO/ Fa. Sumitomo)

Die Qualität einer Gf-Spleiß-Verbindung (Spleißdämpfung in dB) wird unmittelbar am Gerät angezeigt.



Abbildung 25: Fusionsspleißstation Fujikura 90S (Quelle: Fa. Opternus/ Fa.Fujikura)

Aber auch „einfachere“ Spleißgeräte (2-Achsen- oder V-Nut-Geräte) liefern gute Spleißergebnisse und können in der Netzebene 4 benutzt werden (Hinweis: Diese Geräte sind nicht für die Netzebene 3 zu empfehlen). Heutige Einmodenglasfasern besitzen eine sehr hohe Kernzentrität, so dass auch mit diesen Geräten Spleißdämpfungen erreicht werden können, die für die NE4 hinreichend genau sind.



Abbildung 26: V-Nut Spleißgerät FITELNINJA (Quelle Fa. Laser Components / Fa. Furukawa)

### 6.1.2 Mechanische Spleißverbindung (mechanischer Spleiß)

Bei einer mechanischen Spleißverbindung werden die Faserenden rein mechanisch in einer Hülse aufeinander geführt und fixiert. Zur besseren optischen Anpassung und somit höherer Qualität der Verbindung, trägt ein sogenanntes Index-Matching-Gel (= Anpassung der Brechzahlen) bei, welches sich in dieser Verbindungshülse befindet. Die typische Verlustleistungen (Einfügedämpfung) liegen bei ca. 0,3 dB pro Verbindung.

**Hinweis: Die Qualität der hergestellten Verbindung (Höhe der Einfügedämpfung) kann ohne zusätzliche Messtechnik nicht bestimmt werden.**

Beim Einsatz von mehreren mechanischen Spleißen in einer Verbindung (Gf-GV zu Gf-AP) kann auch die geforderte Gesamtdämpfung der Netzebene 4 von 1,5 dB ggf. überschritten werden. Ist die Dämpfung für das Gebäudenetz größer als 1,5 dB, kann dies zu Übertragungsstörungen führen.

**Fazit: Mechanische Spleißverbindungen gibt es am Markt, diese haben sich jedoch eher als temporäre Reparaturlösung, aber nicht als zukunftsfähige, preiswerte Lösung für das Installationsgeschäft im Massenmarkt etabliert.**

### 6.1.3 Schutz der Spleißstelle: Variante Krimpspleißschutz

Die Spleißstelle muss geschützt werden, da die Glasfaser an dieser Stelle ohne schützendes Coating keine mechanische Stabilität aufweist und leicht bricht. Dafür kann ein sogenannter Krimpspleißschutz verwendet werden. Dieser wird mit einem entsprechenden Werkzeug (Spleißpresse) zusammengedrückt. Der Spleiß und die Glasfaserenden des Spleißes werden fixiert und geschützt. Der Krimpspleißschutz wird bei Glasfasern mit einem Außendurchmesser von 250 µm (über Coating) eingesetzt.

Die Art des Spleißschutzes muss u.a. mit der Spleißablage in der Kassette zusammenpassen.

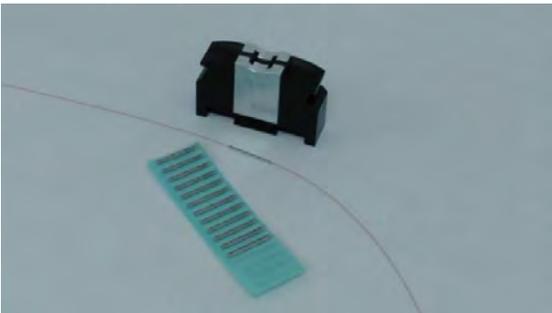


Abbildung 27: Krimpspleißschutz und zugehörige Presse (Quelle: Fa. Opternus)

### 6.1.4 Schutz der Spleißstelle: Variante Schrumpfspleißschutz

Die Spleißstelle kann auch mittels Schrumpfspleißschutz (oder auch Heat Shrink – Spleißschutz) geschützt werden. In der Regel haben 3 Achsen-Spleißgeräte einen kleinen „Ofen“ eingebaut, in dem der Spleißschutz eingelegt werden kann. Innerhalb weniger Sekunden wird der Spleißschutz auf die Faser geschrumpft und bietet somit den nötigen mechanischen Schutz der Spleißstelle.

**Hinweis: Die Art des Spleißschutzes muss u.a. mit der Spleißablage in der Kassette zusammenpassen. Der Schrumpfspleißschutz ist dicker als der Krimpspleißschutz und benötigt mehr Platz in der Spleißkassette.**

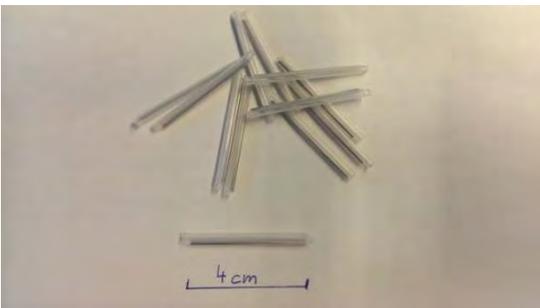


Abbildung 28: Heat Shrink Spleißschutz = Schrumpfspleißschutz (Quelle: DT)

## 6.2 Glasfaserspleißkassetten und Spleißschutzablagen

In den Gf-Abschluss- und Verteilpunkten (Gf-AP, Gf-GV, Gf-SP u. Gf-TA) werden Glasfaserspleißkassetten eingesetzt, in denen eine geordnete Gf-Führung und die Spleißablage vorgenommen werden kann. Bei einigen Komponenten (z. B. Gf-TA) kann es auch eingearbeitete Spleißkassetten mit Spleißschutzaufnahmen geben. Diese sind dann speziell auf die Gegebenheiten des Bauteils (z.B. geringe Abmaße) angepasst.

Auf dem Markt gibt es unterschiedlichste Gf-Spleißkassetten-Typen. Um ein störungsfreies Arbeiten in den Gf- Abschluss- und Verteilpunkten sicherstellen zu können, empfehlen wir je Wohnung eine Spleißkassette im Gf-GV und im Gf-SP vorzusehen. D. h. es werden zwei oder vier Glasfasern je Spleißkassette geführt und abgelegt. In dieser Spleißkassette werden somit auch maximal vier Spleißschutzaufnahmen benötigt. In der Regel sind die Spleißschutzaufnahmen für 10 oder 12 Spleiße ausgelegt.

Je nach Verwendung des Krimpspleißschutzes oder des Heat-Shrink-Spleißschutzes muss die passende Spleißschutzaufnahme (auch Spleißschutzhalter genannt) in der Gf-Kassette ausgewählt werden.

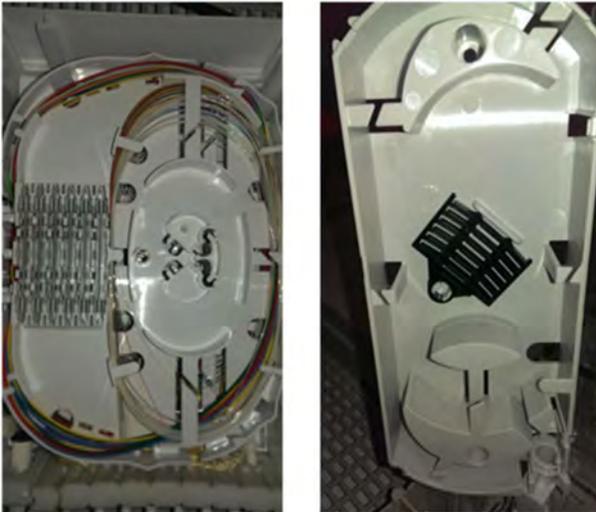


Abbildung 29: Beispielhafte Glasfaserspleißkassetten mit Spleißschutzaufnahmen (Quelle: DT)

## 7 Glasfaserstecker

Glasfaserstecker sind an Glasfaserkabeln/Glasfasern montiert, um eine lösbare Glasfaserverbindung bzw. eine definierte Terminierung der Glasfaserenden herzustellen. Sie stellen außerdem eine entsprechende Zugentlastung zur Glasfaser her.

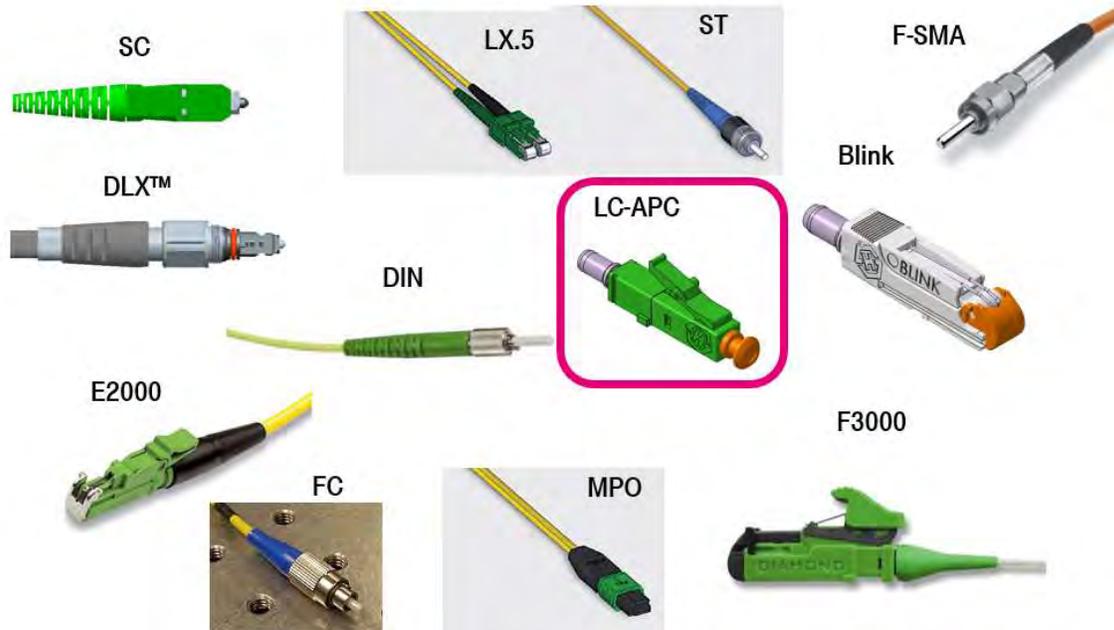


Abbildung 30: Auswahl an Glasfasersteckern (Quelle: DT)

In der Telekommunikation gibt es historisch bedingt eine Vielzahl verschiedener Stecker für Glasfasern. Um nachträglichen Montageaufwand zu vermeiden, wird die Verwendung von **LC-APC-Steckern** für die NE4 empfohlen.

### 7.1 LC-APC-Stecker

In Glasfasergebäudenetzen kommen in den Abschlusseinrichtungen (Gf-AP und Gf-TA) LC-APC-Stecker zum Einsatz. Die Stecker werden in den Abschlusseinrichtungen in eine dazu passende LC Kupplung eingesteckt. Der Aufbau des LC-APC Steckers basiert auf einer Einzelfaser-Keramikferrule mit 1,25 mm Durchmesser zur Aufnahme des Lichtwellenleiters. Der Stecker hat einen Winkelschliff von 8° (gemäß IEC 61754-20). Durch den Winkelschliff ergibt sich eine hohe Rückflusdämpfung >45 dB, die speziell für heutige und künftige Systemanforderungen wichtig ist. Durch Einsatz des LC-APC-Steckers wird ein Gebäudenetz mit hoher optischer Güte erreicht und somit die Universalität und Zukunftssicherheit des Gebäudenetzes sichergestellt.

Der schräge Schliff des Steckers wird außerdem durch die grüne Farbe des Steckerkörpers verdeutlicht.

Glasfaserstecker gibt es in verschiedenen Qualitätsstufen. Zur Sicherstellung einer geringen Dämpfung wird empfohlen, LC-APC-Stecker der Güteklasse B (Grade B gemäß EN 61755-1, d. h. Dämpfungsmittelwert 0,12 dB pro Verbindung bzw. 97 % der Fälle besser als 0,25 dB) zu verwenden.

Die Endfläche des Steckers sollte mit einer mechanisch fixierten Schutzkappe versehen sein, um die Stirnfläche zu schützen, bis sie in die passende LC-Durchführungskupplung gesteckt wird. Die Kupplungen haben in der Regel feste Positionen, so dass eine genaue Zuordnung zwischen Kupplung und Wohnung möglich ist.



Abbildung 31: Glasfaserstecker Typ LC-APC (DIN EN 61754-20) mit Staubschutzkappe (Quelle: DT)

In einer Gf-Kupplung werden zwei Stecker miteinander verbunden. Die Kupplung hat passend zum Stecker auch die Farbe Grün und ist mit einem Flansch (zum Anschrauben) oder wie hier abgebildet als flanschlose Variante zum Einstecken erhältlich.

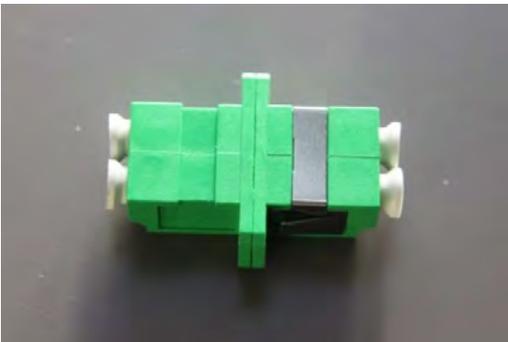


Abbildung 32: Glasfaserdurchführungskupplung (Duplex) für 2 LC-APC-Steckverbindungen (Quelle: DT)

**Hinweis: Für das Gf-Gebäudenetz wurde auch seitens der Normung der LC-APC-Stecker empfohlen. Deshalb sind bei Verwendung dieses Steckers keine Kompatibilitätsprobleme bei der Anschaltung des Gf-Netzes zu erwarten.**

### 7.1.1 Fusions-Spleiß-Stecker (LC-APC)

Dieser werksseitig mit hoher Steckqualität (Steckerstirnfläche) hergestellte Steckertyp kann direkt an eine Glasfaser gespleißt werden. Der Stecker hat ein sehr kurzes „Faserbeinchen“. Die Spleißstelle muss nicht mit einem Spleißschutz versehen werden, da sich die Spleißstelle innerhalb des Steckergehäuses befindet. Auch das Einlegen der Faserüberlänge in eine Spleißkassette mit entsprechendem Spleißschutz entfällt.

Alle großen Spleißgerätehersteller haben dafür Produkte am Markt, z.B. FuseConnect (Fujikura) oder LYNX2 (Sumitomo). Hinweis: In der Regel enthält das Montagekit auch den für das jeweilige Spleißgerät (Fujikura oder Sumitomo) erforderlichen Steckereinsatz. Nach Herstellung des Spleißes wird der Stecker vor Ort mit den entsprechenden Bauteilen des Sets fertig konfektioniert (z.B. Zugentlastung). Bitte beachten Sie, dass in der Regel solche Stecker etwas länger sind.

Für Kabel mit einer Glasfaser (Einfaserkabel) kann diese Montageart des Steckers vorteilhaft sein.



Abbildung 33: Prinzipdarstellung zur Konfektionierung eines „Spleißsteckers“ an ein Kabelende (Quelle: DT)



Abbildung 34: Links: Beispiel Fusions-Spleiß-Stecker FuseConnect (Quelle: Fa. Opternus/ Fa. Fujikura) und rechts Fusion-Stecker (Quelle: Fa. Diamond)

### 7.1.2 Mechanischer Spleiß-Stecker (LC-APC)

Ähnlich wie beim Fusions-Spleiß-Stecker, gibt es Lösungen am Markt, bei denen der mechanische Spleiß im Steckergehäuse hergestellt wird. Durch eine mechanische Verriegelung wird die zu verbindende Glasfaser in der Verbindungsstelle mit der Faser des Steckers fixiert. Nach Herstellung des Spleißes wird der Stecker vor Ort mit den entsprechenden Bauteilen des Sets fertig konfektioniert (z.B. Zugentlastung). Es gelten grundsätzlich dieselben Dämpfungseigenschaften wie für den mechanischen Spleiß, d.h. die Einfügedämpfung ist höher und die Qualität der Verbindung vor Ort ist nicht genau prüfbar. Um Sicherheit zur Qualität der Verbindung zu bekommen ist hier eine messtechnische Kontrolle erforderlich.



Abbildung 35: Prinzipdarstellung eines Steckers mit integriertem mechanischem Spleiß (Quelle: DT)

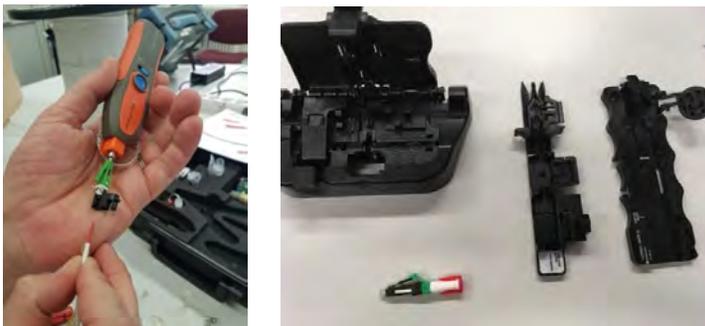


Abbildung 36: Herstellung LC-APC mit mechanischem Spleiß; links FO-Field, Fa. Reichle de Massari; rechts Fa. Corning (Quelle: DT)

## 8 Komponenten für Glasfasergebäudenetze

### 8.1 Glasfaser-Abschlusspunkt (Gf-AP)

Der Glasfaser-Abschlusspunkt (Gf-AP) bildet den Abschluss des Netzbetreibers.

Im Gf-AP werden die Außenkabel des Netzbetreibers abgeschlossen. Der Glasfaser-Abschlusspunkt ist in der Hoheit des Netzbetreibers und wird in der Nähe des Gebäudeverteilers angebaut (kurze Gf-Patchkabel). Dieser sollte sich ebenso wie der Gebäudeverteiler (Gf-GV) in unmittelbarer Nähe (< 2 Meter) der Mehrspartenhauseinführung befinden.

In unmittelbarer Nähe des Gf-GV ist Platz für den Gf-AP des Netzbetreibers vorzusehen. Als Richtwert kann eine Fläche von ca. 50 x 50 cm angenommen werden. Dieser Platz sollte sich in einer Arbeitshöhe von ca. 1,60 m befinden und ca. 30 cm von jeder angrenzenden Wand entfernt sein.

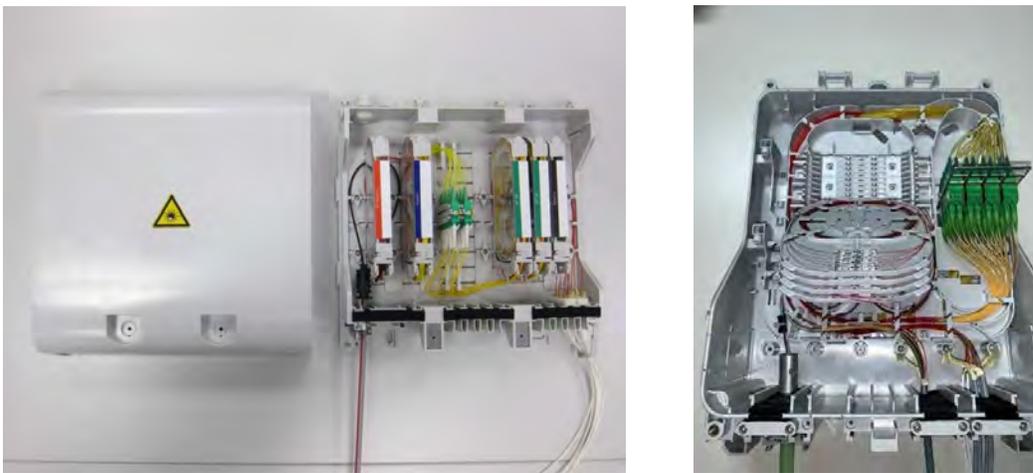


Abbildung 37: Beispiel eines Glasfaser-Abschlusspunktes (Gf-AP) (Quelle: DT)

### 8.2 Glasfaser-Gebäudeverteiler (Gf-GV)

Der Glasfaser-Gebäudeverteiler bildet den Abschluss des Gebäudenetzes.

Der Anbau des Gebäudeverteilers sollte in einem **Hausanschlussraum** erfolgen bzw. in **unmittelbarer Nähe der Mehrspartenhauseinführung/Hauseinführung**. Der Netzbetreiber stellt dann zwischen dem Gf-AP und dem Gf-GV mit entsprechenden Patchkabeln (Kabel, die beidseitig mit Gf-Steckern abgeschlossen sind) eine Verbindung her.

Alle Kabel/Glasfasern, die zu den Wohnungen führen, werden in den Gf-GV eingeführt und auf LC-APC Stecker terminiert und in entsprechende LC-Kupplungen abgelegt. Das heißt sie werden von der einen Seite in die Kupplung gesteckt. Die andere Seite der Kupplung muss mit einer Staubschutzkappe versehen sein. Die Zuordnung der Stecker bzw. Kupplungen zu den Wohnungen muss zweifelsfrei zuzuordnen sein. Dies kann beispielhaft wie nachfolgend aufgeführt geschehen (z. B. Stecker in der Reihe A1, Nr. 3+4 → Fam. Mustermann, 2. OG, linke Wohnung).

Gibt es mehrerer Wohnungen pro Etage, empfiehlt sich eine Zählreihenfolge, links oben beginnend (Draufsicht) und dann im Uhrzeigersinn weiterzuzählen (von links oben nach rechts unten).



Abbildung 38: Beispiel eines Glasfaser-Gebäudeverteilers (Gf-GV) (Quelle: DT)

Der Gf-GV benötigt keinen Strom bzw. Stromanschluss, er ist ein passiver Glasfaser-Gebäudeverteiler. In **unmittelbarer Nähe** des Gf-GV (zur Minimierung der Patchkabel­längen) ist **Platz für den Glasfaser-Abschlusspunkt (Gf-AP) des Netzbetreibers** vorzusehen. Dieser ist ähnlich groß wie der für das Gebäude vorzusehende Glasfaser-Gebäudeverteiler. Als Richtwert kann für große Gebäude eine Fläche von ca. 50 x 50 cm angenommen werden. Dieser Platz sollte sich in einer Arbeitshöhe von ca. 1,60 m befinden und ca. 30 cm von jeder angrenzenden Wand entfernt sein.



Abbildung 39: Beispiel einer übersichtlichen Steckerablage im Glasfaser-Gebäudeverteiler (Gf-GV) (Quelle: DT)

Bei sehr großen Mehrfamilienhäusern oder sehr großen Gewerbegebäuden können als Gf-GV auch Standard Netzwerkschränke (in 19 Zoll- oder ETSI-Bauweise) verwendet werden, um die hohe Anzahl von Gf-Steckverbindungen geordnet in Baugruppenträgern zu managen. Hierbei sollte beachtet werden, dass genügend Platz zwischen den Baugruppenträgern für die Glasfasermontage vorgehalten wird. Für die geordnete Beschaltung mit Patchkabel (Verbindung vom Gf-AP zu den einzelnen Steckpositionen zu den Wohnungen) sollten Kabelführungssysteme im Netzwerkschrank vorhanden sein.

### 8.3 Glasfaser-Sammelpunkt (Gf-SP), Etagenverteiler

Der Glasfaser-Sammelpunkt ist eine mögliche Schaltstelle auf der Etage von Gebäuden. Er wird dann verwendet, wenn eine direkte Kabelverlegung zwischen Gf-Gebäudeverteiler und Gf-TA nur schwer möglich ist. Die Glasfasern des Steigleitungskabels werden auf die Glasfasern der zu den einzelnen Wohnungen führenden Kabel verteilt. Die Verbindung der Glasfasern ist sowohl mit mechanischen Spleißen als auch mit Fusionspleißen möglich. Es ist möglich, mehrere Etagen von einem Gf-Sammelpunkt zu versorgen (z. B. Wohnungen der Etage darunter und Wohnungen der Etage darüber).



Abbildung 40: Glasfaser-Sammelpunkt (Gf-SP) (Quelle: DT)

### 8.4 Glasfaser-Teilnehmerabschlussdose (Gf-TA)

Die Glasfaser-Teilnehmeranschlussdose (Gf-TA) wird in der Wohnung installiert. In der Gf-TA werden die Gf-Innenkabel eingeführt und auf Gf-Steckern (LC-APC) abgeschlossen. Der Gf-Stecker wird in der TA in eine Gf-Kupplung (LC-Kupplung) eingesteckt, die auf der gegenüberliegenden Seite mit einer Staubschutzkappe versehen ist. Eine Zugabfangung befestigt das Kabel ausreichend. Die Gf-TA hat Aufnahmestellen, um die gefertigten Spleiße geschützt abzulegen. In der Gf-TA sind Glasfaser-Kupplungen eingebaut, an welche dann der ONT mittels Glasfaserverbindungskabel angeschlossen wird.

Es wird empfohlen, dafür eine handelsübliche, einzelne tiefe Schalterdose (60 mm) vorzusehen, in der eine Unterputz-Gf-TA oder auf der die Aufputz-Gf-TA montiert werden kann.

Bei Anwendung einer Unterputz-Gf-TA ist darauf zu achten, dass i.d.R. kein Platz für eine Spleißablage (Spleißkassette mit Spleißhalter) vorhanden ist. Hier müssen die Glasfasern direkt z. B. mit einem „Fusions-Spleiß-Stecker“ abgeschlossen werden.

**Hinweis: In der Nähe der Gf-TA, des ONT und des Routers müssen 230-V-Steckdosen für die Stromversorgung des ONT und des Routers geplant werden.**

**Bitte beachten Sie auch Kapitel 10 „Das Wohnungsnetz“. Die Glasfaser bzw. die Gf-TA kann auch in einem Multimedia- oder Kommunikationsverteiler eingebaut bzw. abgeschlossen werden.**



Abbildung 41: Aufputz-Glasfaser-Teilnehmeranschlussdose (Gf-TA) – links 2 Ausgänge auf LC-APC-Steckverbindungen, rechts 1 Ausgang auf LC-APC-Steckverbindung (Quelle: Fa. Omelcom)



Abbildung 42: Unterputz-Glasfaser-Teilnehmeranschlussdosen (z.B. Fa. Telegärtner (li.) und Fa. Diamond (re.)) (Quellen: DT und Fa. Diamond)

Eine weitere Ausprägung einer Gf-TA ist auch das folgende Modell für die Montage auf einer Hutschiene. Dieses Modell ist geeignet, um in bestehende oder neu zu errichtende Unterverteilungen oder auch Multimediaverteiler installiert werden zu können. Das Modell ist auch mit einer vorbereiteten Kabellänge am Markt verfügbar.

Der FTTH DTIO Hutschiennenadapter (1TE / 17,5mm) ist zur Montage auf Hutschiene/DIN Normschiene 35 mm geeignet.



Abbildung 43: Gf-TA für ausschließliche Hutschiennenmontage (Quelle: Fa. Acome)

### 8.4.1 Verlegung/Erweiterung der Gf-TA innerhalb der Wohnung

Sollte die installierte Gf-TA an einer „ungünstigen“ Stelle installiert worden sein (z.B. Nachmieter hat sich in der Wohnung anders eingerichtet), so kann es u.U. sinnvoll sein, eine 2. Gf-TA an einer anderen Stelle innerhalb der Wohnung (z.B. anderes Zimmer) nachträglich zu installieren. Um das Verlängerungskabel möglichst sicher zu führen und quasi „unsichtbar“ zu machen, bietet sich z.B. die folgende Lösung der „Clear Track“ - Glasfaserkanäle an. Das System besteht aus einem kleinen Glasfaserkanal mit selbstklebender Rückseite, dessen Schutzfolie für die Installation einfach abgezogen werden kann. Der flexible, durchgängige Clear Track Kanal kann ohne Spezialwerkzeug problemlos um alle Ecken sowie auf gekrümmten oder unregelmäßigen Oberflächen verlegt werden. Durch die Arretierung innerhalb des Kanals ist die Glasfaser optimal geschützt.



Abbildung 44: 2. Gf-TA mit Gf-Verlängerung (Fa. Acome) sowie „Clear Track“ Kanal (Fa. Corning)  
(Quellen: Fa. Acome und Fa. Corning)

Die Klebekanäle eignen sich für verschiedene Wandoberflächentypen, z.B. mit Latex, Alkydlack oder Ölfarbe gestrichene, glatte Oberflächen bzw. gestrichene Stuck und Zementsteine, sowie tapezierte Oberflächen.

Nicht gestrichene und/oder versiegelte Oberflächen (Beton, Ziegel, Mauerwerk) eignen sich **nicht** für die Clear Track Kanäle.

In den Kanal wird die 900 µm starke und biegeunempfindliche Glasfaser (Festader) gem. Standard ITU-T G.657 eingelegt. Mit einem kleinen und praktischen Installationswerkzeug können die Glasfasern schnell und einfach eingebracht werden.



Abbildung 45: „Clear Track“ Kanal mit eingelegter Faser (Quelle: Fa. Corning)

Bei Bedarf kann der Clear Track Kanal mit einer zusätzlichen Schutzabdeckung versehen werden und ist mit Latex- oder Ölfarbe überstreichbar. Um von einem ins andere Zimmer zu kommen, ist auch eine Mikro-Wanddurchführung mit Abdeckung erhältlich.

Auch die Firma Ofs bietet mit dem InvisiLight® ein vergleichbares System an, das die Verlegung der Gf-TA an eine andere Stelle oder in einen anderen Raum in nahezu unsichtbarer Weise ermöglicht. Es wird eine Faser eingesetzt, die ITU-T G.657.B3 erfüllt, aber nochmals geringere optische Biegeverluste aufweist. Die Faser kann sogar mehrfach um einen Radius von 2,5 mm geführt werden und zeigt dabei vernachlässigbare Biegeverluste. Die spezielle Ader ist an beiden Enden bereits mit Steckern versehen. Sie ist mit 0,6 mm oder 0,9 mm Durchmesser erhältlich. Die Ader wird mit einem transparent trocknenden Kleber beispielsweise entlang Sockelleisten oder Türrahmen geführt. Für saubere Verklebungen und Wanddurchführungen sind entsprechende Zubehörteile in dem System enthalten.

## 8.5 Glasfasermodem / ONT

Im Glasfasermodem (auch ONT = Optical Network Termination) erfolgt die optisch/elektrische Wandlung des Signals. Das ONT wird mit einem Gf-Verbindungskabel an die Gf-TA angeschlossen oder direkt in entsprechende Gf-TAs eingebaut.

Da das ONT von einem Steckernetzteil mit Strom versorgt wird, ist es erforderlich, dass für das ONT und den Router (Home Gateway) zwei 230 V Steckdosen am Montageort vorgesehen werden. Mit einem Netzkabel mit RJ-45 Steckern (Steckverbinder nach EN 60603-7; Patchkabel der entsprechenden Kategorie Cat.6) wird das ONT mit dem Router (z. B. Speedport od. Fritzbox) verbunden. Am Markt sind auch Router erhältlich, die eine ONT-Funktionalität enthalten.

**Hinweis: Die auf den Steckern befindlichen Staubschutzkappen sollten erst kurz vor der Benutzung der Kabel entfernt werden, ggf. sollten die Steckerstirnflächen gereinigt werden.**

Hierzu sind nur spezielle Reinigungssets wie z. B. OneClick Cleaner oder spezielle, fusselfreie Reinigungstücher, die mit Isopropyl-Alkohol getränkt sind, einzusetzen.



Abbildung 46: Glasfaser-Modem (ONT) (Quelle: DT)

## 9 Prüfen und Messen in der Netzebene 4

Beim Bauen der Netzebene 4 (NE 4) sollten **Prüfungen beim Bauen** und nach Fertigstellung der NE4 sollten **Abschlussmessungen** durchgeführt werden.

### **Spleißen der Glasfasern:**

Beim Bauen eines Glasfasergebäudenetzes ist darauf zu achten, dass die Spleißdämpfung  $\leq 0,1$  dB sein sollte. Wird ein Wert  $> 0,1$  dB ermittelt, sollte der Spleiß wiederholt werden. (Anzeige des Spleißgerätes beachten.)

### **Prüfen während des Bauens:**

Alle gespleißten Glasfasern sind auf Durchgang und Vertauschung zu prüfen. Diese Prüfung ist z. B. mit einem optischen Durchgangsprüfgerät (z. B. Rotlichtquelle) durchzuführen. Festgestellte Fehler sind zu beseitigen.

**Hinweis: Es sollten mindestens alle Glasfasern, die mit einem Glasfaserstecker abgeschlossen sind, geprüft werden.**

Vor der Prüfung/Messung sind die Steckerstirnflächen zu reinigen. Dies kann mit einem fusselfreien Tuch und Isopropyl-Alkohol oder mit einem eigens hierfür vorgesehenen Steckerreinigungs-Tool erfolgen. Nach der Prüfung/Messung sind die Stecker sofort wieder mit der Staubschutzkappe zu schützen.

### **Messen des fertiggestellten Gebäudenetzes:**

Die Übertragungs-Eigenschaften des Gebäudenetzes sollten nach Fertigstellung der Bau- und Montagearbeiten gemessen werden, um sicherzustellen, dass die maximal vorgegebenen Dämpfungswerte eingehalten werden. Die Messergebnisse sollten in einem Messprotokoll oder Gebäudedämpfungsplan dokumentiert werden.

Nach EN 50700: 2014 und EN 61280-4-2 beträgt die maximale Dämpfung der Gf-Gebäudenetzverkabelung 1,5 dB (1260 nm – 1625 nm). Die Messung kann mit einem optischen Zeitbereichsreflektometer (OTDR mit Vorlauflänge) oder mit einem Dämpfungsmessgeräteset (Pegelsender/Pegelempfänger) durchgeführt werden.

Beschrieben wird die Ausführung A: Bezugsverfahren mit zwei Schnüren (nach EN 61280-4-2 „Prüfverfahren für Lichtwellenleiter-Kommunikationsunterssysteme – Teil 4-2: Installierte Kabelanlagen – Einmoden-Dämpfungs- und optische Rückflusdämpfungsmessung“ (2014)).

### **Es sollten mindestens die folgenden optischen Parameter erfasst werden:**

- Die (Einfügedämpfung (IL, Insertion Loss) soll einen Wert von 1,5 dB nicht übersteigen. In der Regel wird die Einfügedämpfungsmessung mit dem Dämpfungsmessplatz (Pegelsender und Pegелеmpfänger) durchgeführt.
- Die Gesamt-Rückflusdämpfung (ORL, Optical Return Loss) soll einen Wert von 30 dB nicht unterschreiten. Die Messung der ORL wird in der Regel mit einem OTDR durchgeführt.

Die Messung wird in einem nicht beschalteten Zustand zwischen Gf-GV und Gf-TA vorzugsweise bei den Betriebswellenlängen 1310 nm und 1550 nm durchgeführt. Die Messung kann aber auch bei 1625 nm durchgeführt werden.

**Hinweis: Durch eine höhere Empfindlichkeit der optischen Messung im 1625 nm-Bereich können Montagefehler bei Messung mit einem OTDR besser erkannt werden.**

Liegen die gemessenen Werte der Einfügedämpfung unter dem geforderten Wert (1,5 dB) sind keine weiteren Maßnahmen erforderlich.

Wird der geforderte Wert überschritten, ist eine Analyse durchzuführen. Die Fehlerursache ist zu beseitigen. Die Messung ist zu wiederholen und die Ergebnisse sind zu dokumentieren.

Für die optische Rückflussdämpfung (ORL) einer diskreten Reflexion (einzelner Stecker, Faserende) gibt es folgenden Sollwert: aORL diskret  $\geq 35$  dB, diese muss aber in der Regel messtechnisch **nicht** nachgewiesen werden. Nur bei Unterschreitung der Gesamt-ORL ( $< 30$  dB) kann es bei der Fehleranalyse von Vorteil sein, wenn die Stecker-ORL messtechnisch überprüft wird.

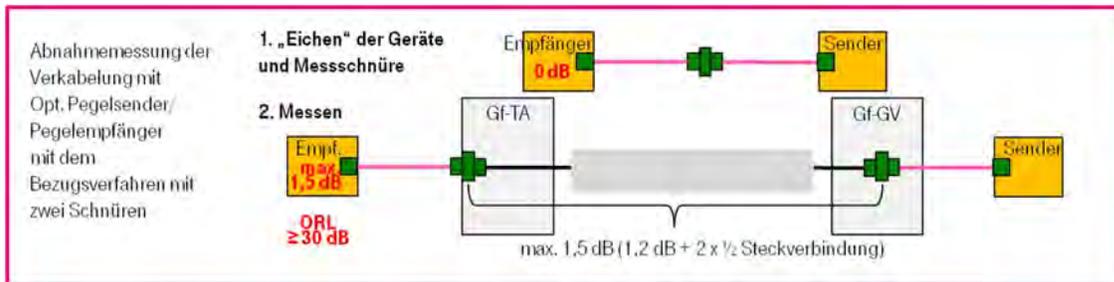


Abbildung 47: Messanschaltung Pegelmessgeräte (Quelle: DT)

## 9.1 Messgeräte und Prüfmittel

Zur Gewährleistung der qualitätsgerechten physikalischen Parameter, die für eine reibungslose Inbetriebnahme der Kabelanlage erforderlich sind, müssen geeignete Messgeräte verwendet werden. Diese Messgeräte müssen ein gültiges Kalibrierzertifikat besitzen.

### 9.1.1 Pegelsender und Pegelmesser

Für die Messungen in Gebäuden (Netzebene 4) sind für die relativ kurzen Gf-Strecken die Pegelmessgeräte besonders gut geeignet. Folgende Messgerätetypen können beispielhaft empfohlen werden:

- Optischer Pegelsender OLS 85 (Viavi Solutions Deutschland GmbH)
- Optischer Pegelmesser OLP85 (Viavi Solutions Deutschland GmbH)



Abbildung 48: Beispiel Optischer Pegelmesser (Quellen: links Fa. 3 Edge/ Fa. EXFO; rechts Fa. VIAVI)

Andere Messgerätehersteller (z. B. Anritsu, Fluke, Yokogawa, etc.) bieten ähnliche Messgeräte an.

## 9.1.2 Optisches Multimeter

Optische Multimeter sind Messgeräte, die auf Basis einer Rückstreuung arbeiten und speziell für die Anwendung in der Netzebene 4 konzipiert wurden. Mit diesen Geräten kann die Einfügedämpfung, und die Rückflusdämpfung gemessen aber auch eine Ortung von Fehlerstellen vorgenommen werden.



Abbildung 49: Beispiel Optischer Multimeter (handheld) der Fa. EXFO (Quelle: Fa. 3 Edge / Fa. EXFO)

Andere Messgerätehersteller bieten ggf. ähnliche Messgeräte an.

### 9.1.3 OTDR (Optical Time Domain Reflectometer)

Mit einem OTDR werden kurze Lichtimpulse in die Glasfaser gesendet und die zurückgestreuten/reflektierten Lichtanteile detektiert und ausgewertet. Mit dem Rückstreuungsverfahren kann eine orts aufgelöste Darstellung der Ereignisse (Stecker, Spleiße, Faserlänge, Faserende) einer Glasfaserstrecke aufgezeigt und bewertet werden. Die Gesamtdämpfung einer Glasfaserstrecke aber auch die Einzeldämpfungen von Spleißen und Steckverbindungen können messtechnisch ermittelt werden. Darüber hinaus kann die Rückflussdämpfung (ORL) einer Gf-Strecke gemessen werden. Durch die orts aufgelöste Messung können punktgenau Faserbrüche oder punktuelle Dämpfungserhöhungen ermittelt und somit auch frühzeitig, potentielle Fehlerquellen aufgezeigt werden.

Das OTDR-Messverfahren hat am Anfang der Messstrecke eine sogenannte „Totzone“, so dass Anfangereignisse einer zu messenden Glasfaserstrecke vom Messgerät nicht erfasst werden. Damit auch die Anfangereignisse einer Gf-Strecke miterfasst werden können, empfiehlt es sich eine Vorlauf-Glasfaser (z. B. 100m-Länge) zwischen dem Messgerät und der zu messenden Strecke einzuschalten.



Abbildung 50: Beispiele von OTDR's für NE4 (Quellen: links: Fa. Yokogawa; rechts: Fa. 3 Edge /Fa. EXFO)

Andere Messgerätehersteller (z. B. Anritsu, Viavi, Fluke, etc.) bieten ähnliche Messgeräte an.

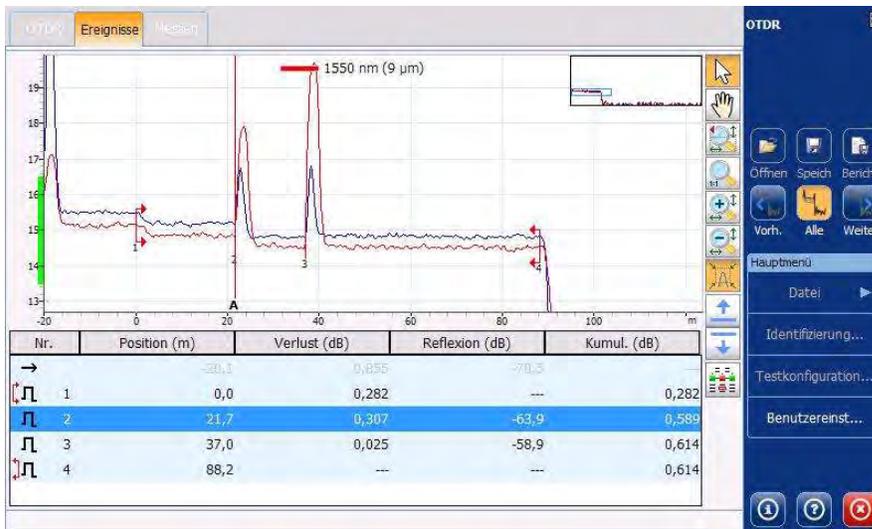


Abbildung 51: Schematische Darstellung einer typischen OTDR-Messkurve mit Zuordnung der gemessenen Ereignisse (Quelle: Fa. 3 Edge / Fa. EXFO)

### 9.1.4 Rotlichtquelle

Für die Prüfungen auf Durchgang und Vertauschung einer Glasfaser ist z. B. eine Rotlichtquelle geeignet.



Abbildung 52: Beispiele zu Rotlichtquellen (Quellen: links; Fa. VIAVI; rechts: Fa. 3 Edge)

### 9.2 Protokollierung der NE4

Nach Abschluss der Baumaßnahmen sollten alle Gf-Leitungswege gemessen und protokolliert werden. Nachfolgend ist ein Musterbeispiel für ein Messprotokoll aufgeführt. In diesem Messprotokoll kann für jeden Leitungsweg (Gf-GV im Keller bis zur Gf-TA in der Wohnung) die Faserdämpfung (Einfügedämpfung) und die Rückflussdämpfung je Faser protokolliert werden.

**Hinweis: Die Protokollvorlage kann im EXCEL-Format für den freien Gebrauch heruntergeladen werden (benutzen Sie dazu gern den QR-Code).**

Abnahmemessung Glasfaser - Gebäudenetze											
Gemessen nach: EN 61280-4-2 und EN 50700:2014											
PLZ	Ort			Straße			Haus-Nr.		Zusatz		
<input type="text"/>	<input type="text"/>			<input type="text"/>			<input type="text"/>		<input type="text"/>		
Singlemodeglasfaser G.657A2 <input type="checkbox"/> G.657A2/B3 <input type="checkbox"/> G.652D <input type="checkbox"/> Glasfaserstecker LC-APC <input type="checkbox"/>											
Messgerät		Geräte-Typ		Geräte-Nr.		Kalibriert bis					
Pegelsender		<input type="text"/>		<input type="text"/>		<input type="text"/>					
Pegelmesser		<input type="text"/>		<input type="text"/>		<input type="text"/>					
OTDR		<input type="text"/>		<input type="text"/>		<input type="text"/>					
Gebäude- teil	Etage/ Geschoss	Gang	Wohnung Nr.	Faserprüfung auf Durchgang und Vertauschung erfolgreich	Einfügedämpfung in dB				ORL in dB		
					1310 nm	1550 nm	1625 nm	1550 nm			
<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>		
<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>		
<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>		
Sollwerte											
Einfügedämpfung 1310/1550/1625 nm					≤ 1,5 dB	Gesamt - ORL Stecker / Faser 1550 nm		≥ 30 dB	Faserprüfung erfolgreich	X	
Ausfüllempfehlung											
Gebäudeteil	A-2	Etage/Geschoss	00-89	Untergeschoss	99-90	Gang	L - Links	M - Mitte	R - Rechts	Wohnung Nr.	001 - 999
Gemessen und geprüft von:											
Datum:	<input type="text"/>	Firma:	<input type="text"/>	Name:	<input type="text"/>	Unterschrift:	<input type="text"/>				
Gebäudeeigentümer oder Bevollmächtigter											
Datum:	<input type="text"/>	Firma:	<input type="text"/>	Name:	<input type="text"/>	Unterschrift:	<input type="text"/>				



Abbildung 53: Vorlage für ein Abnahmemessprotokoll (Quelle: DT)

## 10 Das Wohnungsnetz

### 10.1 Einführung und Planungshinweise

Bei einem Glasfaseranschluss wird das ankommende Signal des Glasfasernetzes im ONT in ein elektrisches Signal gewandelt. Das ONT wird mit einem Netzkabel an den Router (Home Gateway; z. B. Speedport oder Fritzbox,) angeschlossen. Der Router leitet die elektrischen Signale zu den Netzwerkdosen bzw. zu den Endgeräten innerhalb der Wohnung weiter. In diesem Kapitel soll hauptsächlich die Verteilung der Dienste mit leitergebundenen Medien (Kupfer-Kabel) erläutert werden. Selbstverständlich ist auch die Nutzung des in den Routern eingebauten WLANs für bestimmte Dienste möglich.

**Hinweis: Beachten Sie bitte, dass der Standort des WLAN-Routers nach individuellen Empfangsbedingungen und Bedürfnissen in der Wohnung gewählt werden sollte, d. h. ihn so zu positionieren, dass er die Versorgungsbereiche gut erreicht, in denen Sie drahtlos arbeiten möchten!**

Es wird empfohlen mindestens eine (sternförmige) Verkabelung der Klasse D (gemäß DIN EN 50173-1) mit Komponenten wie Netzwerkdosen und Kupferkabel mindestens der Kategorie 6 (Cat.6) zu installieren. Das garantiert bei fachgerechtem Einbau eine Datenrate von bis zu 1 Gbit/s.

Zum einfachen Betrieb sollten alle Kupferkabel an einem Punkt z.B. im Multimediaverteiler enden (Sternnetz nach DIN EN 50173-4). Dort können alle Kupferkabel auf einem Ethernet-Verteiler abgeschlossen werden und auf den in der Nähe befindlichen Switch gesteckt (gepatcht) werden. Dazu benötigt man kurze Kupferkabel mit RJ-45 Steckern (Steckverbinder nach EN 60603-7; Patchkabel der entsprechenden Kategorie Cat.6).

Die optimale Verteilung der Dienste innerhalb der Wohnung ist i.d.R. immer vom Einzelfall abhängig und bedarf einer individuellen Planung. Dabei ist es unbedeutend, ob der Breitbanddienst eines Netzbetreibers mittels xDSL-Technik, über Koaxialkabel oder per Glasfaser angeboten wird. Wichtig ist, dass das ankommende Breitbandsignal optimal zu den einzelnen Räumen der Wohnung verteilt wird.

Zur Gestaltung (Planung und Errichtung) einer zukunftsfähigen und flexiblen Wohnungsverkabelung muss man sich im Vorfeld mit einigen grundsätzlichen Fragen auseinandersetzen:

- Wie kommt das Breitbandsignal in die Wohnung?
- Wo sind die Steigbereiche / Schaltkästen in der Wohnung?
- Wo sind mögliche „Fernsehecken“ in der Wohnung?
- Wo werden Netzwerkanschlüsse für weitere Endgeräte (PC, TV, etc.) in der Wohnung benötigt?
- Wo wird der „Sternpunkt“ des Wohnungsnetzes installiert?



Bei Neubauten sollte man in jedem Fall mit einer „Papierplanung“ basierend auf dem Wohnungsgrundriss beginnen! Hier werden Positionen vom Multimediaverteiler, Netzwerkdosen, Steckdosen und ggf. Antennendosen eingetragen, möglichst angepasst an künftige Erfordernisse, Möblierung und Raumnutzung.

In jedem Raum sollte mindestens eine Netzwerk-Doppeldose (2xRJ45), bei größeren Räumen sollten zwei Doppeldosen an gegenüberliegenden Wänden installiert werden. Die Nutzung der Räume

bestimmt die Anzahl der Anschlüsse. Als Richtwert hat sich ein Anschluss pro 3,75 m Raumumfang bewährt, was auch in der entsprechenden Norm DIN EN 50173-4 vermerkt ist.

**Beispiel:**

Bei einem Raum von drei mal vier Metern ergibt sich ein Raumumfang von 14 m, bei einem Anschluss pro 3,75 m entsprechend ca. 4 Anschlüsse (oder 2 Doppeldosen).

Geeignete Netzwerkdosen (RJ45-Stecker) sind in den handelsüblichen Schalterprogrammen verfügbar. Es wird empfohlen, zu jeder Netzwerkdose eine Steckdose (230V) für die Stromversorgung der Endgeräte einzuplanen. Das folgende Bild zeigt dies beispielhaft.



Abbildung 54: Mögliche Konfiguration von Wandauslässen (Koax, Daten und Strom) (Quelle: DT)

Im Sternpunkt vereinen sich eine größere Anzahl an Geräten und Netzkabel. Es wird empfohlen künftig einen Multimediaverteiler einzuplanen/zu installieren. In diesem können alle Komponenten übersichtlich und sicher eingebaut werden. Je nach Umfang und Abmessungen der aufzunehmenden Einzelkomponenten sollten die Abmessungen des Multimediaverteilers gewählt werden.

Als Praxisbeispiele werden in den nachfolgenden Kapiteln zwei Installationsmöglichkeiten aufgezeigt. Dabei gibt es kein richtig oder falsch – es muss für die individuellen Bedürfnisse passen. In beiden Fällen kann die WLAN-Abdeckung innerhalb einer Wohnung oder eines Hauses erhöht werden, indem in Bereichen mit schlechtem WLAN-Signal sogenannte WLAN-Accesspoints (WLAN-MESH Antennen) an den dort befindlichen Netzwerkdosen ergänzt werden.

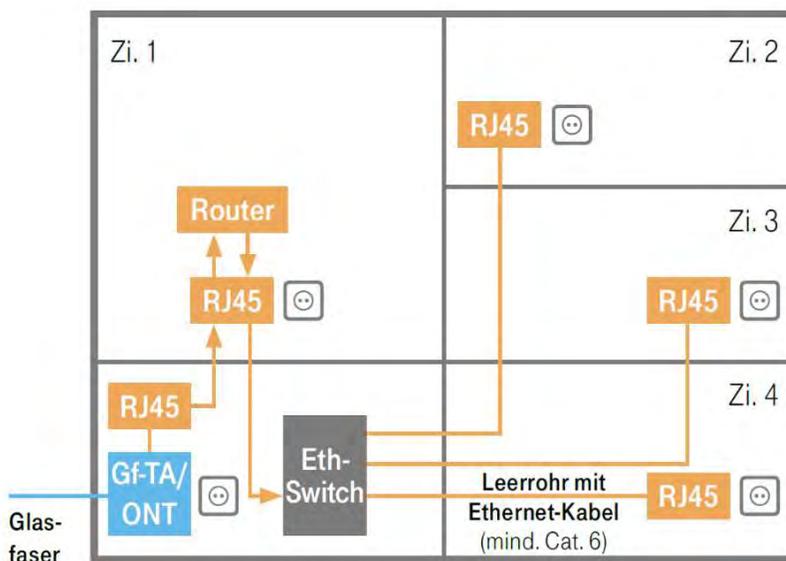


Abbildung 55: Prinzipdarstellung (Draufsicht) einer Verkabelung in einer Beispielwohnung (Quelle: DT)

### Legende und wichtige Hinweise

**Blau:** Glasfaserleitung und -geräte

**Orange:** Leerrohr mit mind. Cat-6-Ethernet-Kabel/RJ45-Dosen/230-Volt-Steckdosen/Ethernet-Switch/Router; flexibles Ethernet-Kabel für Verbindung zwischen Gf-TA/ONT und direkt danebenliegender RJ45-Dose

**Gf-TA und ONT:** Glasfaser-Teilnehmeranschlussdose/ONT (Optical Network Termination; Umsetzung optische Signale in elektrische Signale), auch Glasfaser-Modem genannt

**RJ45:** Netzwerkdose/-doppeldose

**Ethernet-Switch:** Netzwerkverteiler/Netzwerkweiche

## 10.2 Multimediaverteiler mit Router

Diese Möglichkeit bietet eine sehr kompakte Installation. Alle Komponenten des Breitbandanschlusses sind in einem Multimediaverteiler untergebracht. Der Router kann in der Regel (nur) 4 zusätzliche Datendosen in anderen Räumen versorgen. Da der Multimediaverteiler oft im Flur oder im Wohnungseingangsbereich eingeplant wird, ist in der Regel eine WLAN-Versorgung in den Räumen der Wohnung nicht optimal. Aus diesem Grund sollte bei dieser Variante eine **Kunststofftür** im Multimediaverteiler eingebaut werden, um das Funksignal durch eine Metalltür nicht zusätzlich zu schwächen.

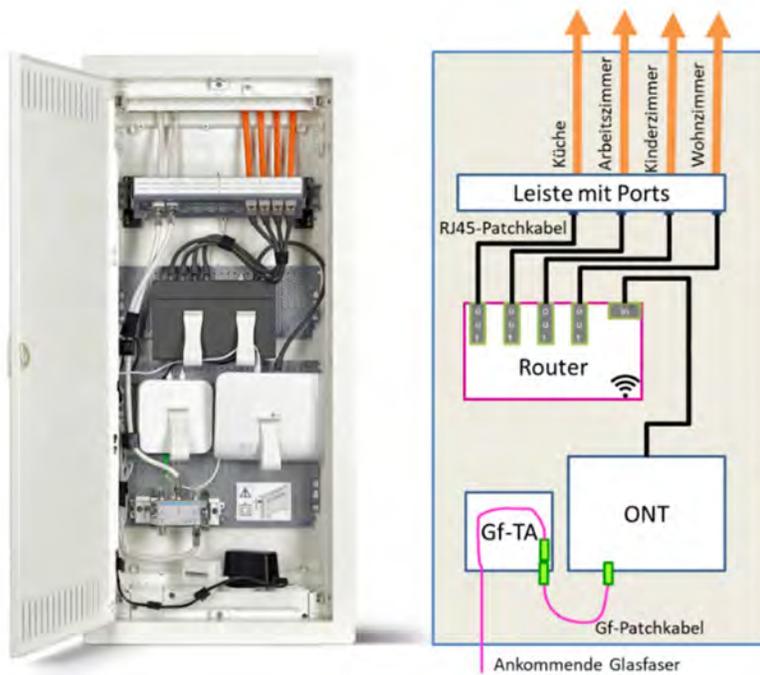


Abbildung 56: Beispiel eines beschalteten Multimediaverteilers (Quelle: links: Fa. Hager Electro; rechts: DT)

## 10.3 Multimediaverteiler mit ausgelagertem Router

Bei dieser Ausbauparante wird die passive Verkabelung (Sternpunkt) und der Übergabepunkt des Netzbetreibers (Gf-TA und ONT) in den Multimediaverteiler eingebaut. Der WLAN-Router wird außerhalb des Multimediaverteilers z.B. im Wohnzimmer oder im Arbeitszimmer platziert. Von diesem zentralen Punkt der Wohnung kann die Anschaltung der Endgeräte wie Set-Top Box, HiFi-Anlage



## 11 Firmen und Links (Auswahl)

In diesem Kapitel finden Sie eine Auswahl von Links zu möglichen Komponentenlieferanten sowie Prüf- und Messgeräteleveranten.

➔ Diese Auswahl stellt keinen Anspruch auf Vollständigkeit dar. Sie soll lediglich als Orientierungshilfe dienen.



### Hersteller und Komponenten für FTTH Gebäudenetze

Acome

- [www.acome.de/](http://www.acome.de/)

Corning:

- [www.corning.com/emea/de/products/communication-networks/applications/fiber-to-the-home.html](http://www.corning.com/emea/de/products/communication-networks/applications/fiber-to-the-home.html)

Commscope:

- [de.commscope.com/Solutions/FTTX-access/](http://de.commscope.com/Solutions/FTTX-access/)

Diamond GmbH:

- [www.diamond.de/](http://www.diamond.de/)
- [www.diamond.de/verkabelungssysteme/dialink-ftth-system](http://www.diamond.de/verkabelungssysteme/dialink-ftth-system)

Huber+Suhner

- [www.hubersuhner.com/de/solutions/wan-access-network/applications/customer-premises/multi-dwelling-units](http://www.hubersuhner.com/de/solutions/wan-access-network/applications/customer-premises/multi-dwelling-units)

ofs

- [www.ofsoptics.com/](http://www.ofsoptics.com/)
- [www.ofsoptics.com/invisilight-products/](http://www.ofsoptics.com/invisilight-products/)

Omelcom

- [www.omelcom.com/en/telecommunications-network/aerial-ftth-network-installation](http://www.omelcom.com/en/telecommunications-network/aerial-ftth-network-installation)

Reichle & De-Massari

- [www.rdm.com/deu\\_de/Maerkte/Public-Networks/FTTX/Customer-Premises](http://www.rdm.com/deu_de/Maerkte/Public-Networks/FTTX/Customer-Premises)

Telegärtner

- [www.telegaertner.com/de/info/katalog/datavoice/?idTreeGroup=3000271552](http://www.telegaertner.com/de/info/katalog/datavoice/?idTreeGroup=3000271552)

### Messtechnik / Spleißgeräte

Opternus:

- [www.opternus.de](http://www.opternus.de)
- [www.opternus.de/lwl-produkte/spleisstechnik/spleissgeraete/](http://www.opternus.de/lwl-produkte/spleisstechnik/spleissgeraete/)

TSO GmbH:

- [www.tso-netze.de/show\\_content\\_16.1.Spleissgeraete.html](http://www.tso-netze.de/show_content_16.1.Spleissgeraete.html)

Viavi Solutions Deutschland GmbH (ehemals JDSU):

- [www.viavisolutions.com/de-de](http://www.viavisolutions.com/de-de)

Yokogawa:

- <https://tmi.yokogawa.com/de/solutions/products/optical-measuring-instruments/optical-time-domain-reflectometer/>

*LaserComponents:*

- [www.lasercomponents.com/de/faseroptik/werkzeuge-zur-faserbearbeitung/wl-spleissgeraete/](http://www.lasercomponents.com/de/faseroptik/werkzeuge-zur-faserbearbeitung/wl-spleissgeraete/)

*3-Edge:*

- [www.3-edge.de/de/measure/reinigung-inspektion/hilfsmittel/3EDGE-EVG-3-00001/](http://www.3-edge.de/de/measure/reinigung-inspektion/hilfsmittel/3EDGE-EVG-3-00001/)

## **Kommunikationsverteiler/Multimediaverteiler/Patchfelder/Heimvernetzung**

*Hager:*

- [www.hager.de](http://www.hager.de)

*Telegärtner:*

- [www.telegaertner.com/de/produkte-leistungen/datavoice/home/](http://www.telegaertner.com/de/produkte-leistungen/datavoice/home/)

## **Mikrorohrsysteme (Innenverlegung) und Kabeleinblaseequipment**

*Gabocom:*

- <https://www.gabocom.de/speedpipe-im-haus/>

*Rehau*

- [www.rehau.com/de-de/im-gebaeude-tiefbau](http://www.rehau.com/de-de/im-gebaeude-tiefbau)

*Vetter*

- [www.vetter-kabel.de/](http://www.vetter-kabel.de/)
- [www.vetter-kabel.de/produkte/telekommunikationsverkabelung/einblasgeraete-fuer-gebaeudeinstal-lation-mikrokabel-oe-08-40-mm/#c423210](http://www.vetter-kabel.de/produkte/telekommunikationsverkabelung/einblasgeraete-fuer-gebaeudeinstal-lation-mikrokabel-oe-08-40-mm/#c423210)

## **DTAG**

- [www.telekom.de/hilfe/gewerbliche-bauherren](http://www.telekom.de/hilfe/gewerbliche-bauherren)
- [www.telekom.de/bautraeger-informationen](http://www.telekom.de/bautraeger-informationen)

## 12 Gesetze, Normen und Broschüren

### Telekommunikationsgesetz (TKG)

Das Telekommunikationsgesetz zeigt in § 77k „Netzinfrastruktur von Gebäuden“ auf, welche Verpflichtungen der Bauherr bei Neubauten und umfangreichen Gebäudesanierungen umzusetzen hat.

[www.gesetze-im-internet.de/tkg\\_2004/BJNR119000004.html](http://www.gesetze-im-internet.de/tkg_2004/BJNR119000004.html)

Nachfolgend ist der relevante Wortlaut aus dem TKG § 77k „Netzinfrastruktur von Gebäuden“ Absatz 4 bis 6 wiedergegeben:

(4) Neu errichtete Gebäude, die über Anschlüsse für Endnutzer von Telekommunikationsdienstleistungen verfügen sollen, sind gebäudeintern bis zu den Netzabschlusspunkten mit hochgeschwindigkeitsfähigen passiven Netzinfrastrukturen sowie einem Zugangspunkt zu diesen passiven gebäudeinternen Netzkomponenten auszustatten.

(5) Gebäude, die umfangreich renoviert werden und über Anschlüsse für Endnutzer von Telekommunikationsdienstleistungen verfügen sollen, sind gebäudeintern bis zu den Netzabschlusspunkten mit hochgeschwindigkeitsfähigen passiven Netzinfrastrukturen sowie einem Zugangspunkt zu diesen passiven gebäudeinternen Netzkomponenten auszustatten.

(6) Einfamilienhäuser, Baudenkmäler, Ferienhäuser, Militärgebäude und Gebäude, die für Zwecke der nationalen Sicherheit genutzt werden, fallen nicht unter die Absätze 4 und 5.

Auch bei Einfamilienhäusern ist es ratsam bauliche Vorkehrungen für eine hochgeschwindigkeitsfähige passive Netzinfrastruktur zu treffen, so dass im Nachgang keine Kabelverlegemaßnahmen (z.B. Deckendurchbrüche und Aufputz-Kabelverlegungen) erforderlich werden. Hier sollten mindestens Leerrohre zwischen den Abschlusspunkten vorgesehen werden.

### ITU- Publikationen

Glasfaser ITU-T G.652: [www.itu.int/rec/T-REC-G.652/en](http://www.itu.int/rec/T-REC-G.652/en)

Glasfaser ITU-T G.657: [www.itu.int/rec/T-REC-G.657-201611-1/en](http://www.itu.int/rec/T-REC-G.657-201611-1/en)

### Europäische Normen

DIN EN 50173 (VDE 0800-173) (alle Teile): „Informationstechnik - Anwendungsneutrale Kommunikationskabelanlagen“

insbes. DIN EN 50173-4 (VDE 0800-173-4) „Informationstechnik - Anwendungsneutrale Kommunikationskabelanlagen – Teil 4: Wohnungen“

DIN EN 50174-1 (VDE 0800-174-1): „Informationstechnik - Installation von Kommunikationsverkabelung - Teil 1: Installationsspezifikation und Qualitätssicherung“

DIN EN 50700 (VDE 0800-700) „Informationstechnik - Standortverkabelung als Teil des optischen Zugangsnetzes von optischen Breitbandnetzen“

DIN EN 61280-4-2 (VDE 0885-804-2) „Prüfverfahren für Lichtwellenleiter-Kommunikationsunter-systeme - Teil 4-2: Installierte Kabelanlagen – Einmoden-Dämpfungs- und optische Rückfluss-dämpfungsmessung“

DIN EN 61386-22 (VDE 0605-22) „Elektroinstallationsrohrsysteme für elektrische Energie und für Informationen - Teil 22: Besondere Anforderungen für biegsame Elektroinstallationsrohrsysteme“

DIN EN 61754-20 „Lichtwellenleiter - Verbindungselemente und passive Bauteile - Steckgesichter von Lichtwellenleiter-Steckverbindern - Teil 20: Steckverbinderfamilie der Bauart LC“

DIN EN 61754-1 „Lichtwellenleiter - Verbindungselemente und passive Bauteile - Steckgesichter von Lichtwellenleiter-Steckverbindern - Teil 1: Allgemeines und Leitfadern“

DIN EN 61755-1 „Optische Schnittstellen von Lichtwellenleiter-Steckverbindern - Teil 1: Optische Schnittstellen von nicht-dispersionsverschobenen Einmodenfasern - Allgemeines und Leitfadern“

### **Nationale Normen**

DIN VDE 0100-520 (VDE 0100-520): „Errichten von Niederspannungsanlagen - Teil 5-52: Auswahl und Errichtung elektrischer Betriebsmittel – Kabel- und Leitungsanlagen“

DIN 18015 (alle Teile): „Elektrische Anlagen in Wohngebäuden“

### **Bauproduktenverordnung (EU-BauPVO)**

EU-Verordnung 305/2011:

<https://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2011:088:0005:0043:DE:PDF>

### **ZVEI Whitepaper zur Klassifizierung von Brandklassen der Kabel**

[www.zvei.org/presse-medien/publikationen/white-paper-brandschutzkabel-erhoehen-die-sicherheit/](http://www.zvei.org/presse-medien/publikationen/white-paper-brandschutzkabel-erhoehen-die-sicherheit/)

## 13 Abkürzungsverzeichnis/Glossar

Abkürzung	Bedeutung	Erklärung
ABZ	Allgemeine Bauaufsichtliche Zulassung	Allgemeine Bauaufsichtliche Zulassung
aORL	a Optical Return Loss	Diskrete Rückflussdämpfung bezogen auf ein lokales Ereignis (z. B. eine Steckverbindung) in dB gemessen
B2 <sub>CA</sub>	Brandklasse Gf-Kabel	Brandschutz: Euroklasse für Kabel
CPR	Construction product regulation	Verordnung Nr. 305/2011 des europäischen Parlaments und des Rates vom 9. März 2011, welche harmonisierte Vertriebsbedingungen für Bauprodukte festlegt
dB	Dezibel	Maßeinheit für Dämpfung
DTAG	Abkürzung	Deutsche Telekom Aktien Gesellschaft
EFH	Einfamilienhaus	
ETA	European Technical Assessment	Europäische technische Bewertung / Zulassung
ETSI	European Telecommunications Standards Institute	Europäisches Institut für Telekommunikationsnormen
FTTB	Fiber to the Building	Glasfaser wird bis in das Haus gelegt
FTTH	Fiber to the Home	Glasfaser wird bis in das Haus, bzw. in die Wohnung (bei Mehrfamiliengebäuden) gelegt
Gf	Glasfaser	
Gf-AP	Glasfaser-Abschlusspunkt	Abschlusspunkt des Netzbetreibers
Gf-GV	Glasfaser-Gebäudeverteiler	Abschlusspunkt des Gebäudenetzes
Gf-SP	Glasfaser-Sammelpunkt	Etagenverteiler, hier werden die Steigleitungskabel mit den Wohnungszuführungskabeln verbunden
Gf-TA	Glasfaser-Teilnehmerabschlussdose	Glasfaser-Dose in der der ONT angeschlossen wird
GPON	Gigabit Passive Optical Network	Shared-medium-Technologie auf Basis von passiven optischen Netzen
i.d.R.	Abkürzung	In der Regel
ITU	International Telecommunication Union	Internationale Fernmeldeunion
LAN	Local Area Network	Räumlich begrenztes Netzwerk (z.B. Wohnung)
LC-APC	Lucent Connector - Angled Physical Contact	Sehr weit verbreiteter Glasfaserstecker (small form factor = 2 Stecker auf Fläche eines RJ45 möglich), speziell für Gebäudenetze
LC-Kupplung	Lucent Connector-Kupplung	Mit dieser Kupplung werden 2 LC-APC Stecker mit einander verbunden, i.d.R. als

<b>Abkürzung</b>	<b>Bedeutung</b>	<b>Erklärung</b>
		Duplexkupplung = 2 Verbindungen (4 Stecker) möglich
LYNX2	Typbezeichnung Fa. Sumitomo	Typbezeichnung für einen Fusions-Spleiß-Stecker-Set
NE3	Netzebene 3	NE3 ist der Netzabschnitt des Netzbetreibers von der Vermittlungsstelle bis zum Gf-AP im Keller des Kunden
NE4	Netzebene 4	NE 4 ist der Netzabschnitt im Haus des Kunden von dem Gf-GV bis zur Gf-TA bzw. zum ONT in der Wohnung
NE5	Netzebene 5	NE 5 ist das Netz bzw. die Verkabelung in der Wohnung des Kunden. Beginnt z. B. am ONT und endet an der Anschlussdose für das jeweilige Endgerät
MBO	Musterbauordnung	
OLP 85	Typbezeichnung Messgerät Fa. Viavi	Optisches Pegelmessgerät
OLS 85	Typbezeichnung Messgerät Fa. Viavi	Optisches Pegelsendegerät
ONT	Optical Network Termination	Glasfasermodem in der Wohnung des Kunden
ORL	Optical Return Loss	Rückflusdämpfung; Anteil des rückgestreuten Lichtes in dB gemessen; Verhältnis von ausgesendeter Leistung zu reflektierter Leistung
OTDR	Optical-Time-Domain-Reflectometry	Messgeräte mit optischer Zeitbereichsreflektometrie; Ortsaufgelöste Dämpfungsmessung; ORL-Messung;
RJ 45	Registered Jack 45 (genormte Buchse)	Standard für Kupferkabel-Steckverbindung (Stecker und Buchse für Wohnungsbereich)
SNRi	Speed Net Rohr innen	Leerrohr für innen mit kleinem Durchmesser für Gf-Kabel
TV	Engl. Television	Fernsehgerät; Fernsehen
WLAN	Wireless Local Area Network	Per WLAN kann man Endgeräte (z.B. Laptops & Smartphones) ohne Kabel zum Internet verbinden
ZFH	Zweifamilienhaus	
ZVEI	Zentralverband der Elektrotechnischen Industrie e. V.	

## 14 Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Schwerpunkte des Ratgebers (Quelle: DT)	7
Abbildung 2: Darstellung der Netzebenen des Glasfasernetzes (Quelle: DT)	8
Abbildung 3: Netzebenen im Mehrfamiliengebäude (Quelle: DT)	9
Abbildung 4: Glasfasergebäudenetze; grün=Gebäudenetz (Quelle: DT)	10
Abbildung 5: Übersicht Glasfasergebäudenetz – „Das Wichtigste in Kürze“ (Quelle: DT)	11
Abbildung 6: Netzstrukturen in Mehrfamiliengebäuden (Quelle: DT)	12
Abbildung 7: Beispiel eines Glasfasergebäudenetzes für EFH (Quelle: DT)	14
Abbildung 8: Beispiel eines Glasfasergebäudenetzes für ZFH (Quelle: DT)	14
Abbildung 9: Schematisches Datennetz innerhalb der Wohnung zu einem Sternpunkt (Quelle: DT)	15
Abbildung 10: Flex-Rohr/Wellrohr; z.B. Smart-Net-Rohr (Quelle: Fa. Fränkische Rohrwerke)	17
Abbildung 11: Bauteile und Praxisbeispiele von installierten Mikrorohren SNRi 7 x 1,5 (Quellen: Fa. Gabocom u. DT)	18
Abbildung 12: Beispiel von erlaubten Brandschottungen für SNRi der Fa. Gabocom (Quelle: Fa. Gabocom)	19
Abbildung 13: Beispiel eines SNRi 7x1,5 (Quelle: Fa. Gabocom)	19
Abbildung 14: Verlegearten gemäß IEC 60364-5-52 ; SNRi 7x1,5 (Quelle: Fa. Gabocom)	19
Abbildung 15: Kompressor, Einblasgerät u. Kabeleinblasvorgang in Mikrorohr der NE4 (Quelle: Fa. Vetter)	20
Abbildung 16: Übersicht und Einordnung verschiedener Lichtwellenleiter (Quelle; DT)	21
Abbildung 17: Singlemodefaser; Prinzipdarstellung Lichtleitung (Quelle: DT)	21
Abbildung 18: Schematischer Aufbau einer Glasfaser; 250 µm ↔ 900 µm (Quelle: DT)	22
Abbildung 19: Nummerierung und Farbschema der Telekom (Quelle: DT)	23
Abbildung 20: Darstellung eines Gf-Innen-Mikrokabels zum Einblasen; Ø 2,5 mm (Quelle: DT)	25
Abbildung 21: Beispiele zu vorkonfektionierten Steigleitungskabeln mit 900 µm Adern (Quelle: DT)	26
Abbildung 22: Glasfaser-Verbindungskabel mit LC-APC Steckern (Quelle: Fa. Corning)	26
Abbildung 23: Prinzipdarstellung zur Konfektionierung mit Pigtails (Quelle: DT)	27
Abbildung 24: Fusionsspleißstation Sumitomo T-72-C (Quelle: Fa. TSO/ Fa. Sumitomo)	27
Abbildung 25: Fusionsspleißstation Fujikura 90S (Quelle: Fa. Opternus/ Fa.Fujikura)	28
Abbildung 26: V-Nut Spleißgerät FITELNINJA (Quelle Fa. Laser Components / Fa. Furukawa)	28
Abbildung 27: Krimpspleißschutz und zugehörige Presse (Quelle: Fa. Opternus)	29
Abbildung 28: Heat Shrink Spleißschutz = Schrumpfspleißschutz (Quelle: DT)	29
Abbildung 29: Beispielhafte Glasfaserpleißkassetten mit Spleißschutzaufnahmen (Quelle: DT)	30
Abbildung 30: Auswahl an Glasfasersteckern (Quelle: DT)	31
Abbildung 31: Glasfaserstecker Typ LC-APC (DIN EN 61754-20) mit Staubschutzkappe (Quelle: DT)	32
Abbildung 32: Glasfaserdurchführungskupplung (Duplex) für 2 LC-APC-Steckverbindungen (Quelle: DT)	32
Abbildung 33: Prinzipdarstellung zur Konfektionierung eines „Spleißsteckers“ an ein Kabelende (Quelle: DT)	33
Abbildung 34: Links: Beispiel Fusions-Spleiß-Stecker FuseConnect (Quelle: Fa. Opternus/ Fa. Fujikura) und rechts Fusion-Stecker (Quelle: Fa. Diamond)	33
Abbildung 35: Prinzipdarstellung eines Steckers mit integriertem mechanischem Spleiß (Quelle: DT)	33
Abbildung 36: Herstellung LC-APC mit mechanischem Spleiß; links FO-Field, Fa. Reichle de Massari; rechts Fa. Corning (Quelle: DT)	33
Abbildung 37: Beispiel eines Glasfaser-Abschlusspunktes (Gf-AP) (Quelle: DT)	34
Abbildung 38: Beispiel eines Glasfaser-Gebäudeverteilers (Gf-GV) (Quelle: DT)	35
Abbildung 39: Beispiel einer übersichtlichen Steckerablage im Glasfaser-Gebäudeverteiler (Gf-GV) (Quelle: DT)	35
Abbildung 40: Glasfaser-Sammelpunkt (Gf-SP) (Quelle: DT)	36
Abbildung 41: Aufputz-Glasfaser-Teilnehmeranschlussdose (Gf-TA) – links 2 Ausgänge auf LC-APC-Steckverbindungen, rechts 1 Ausgang auf LC-APC-Steckverbindung (Quelle: Fa. Omelcom)	37
Abbildung 42: Unterputz-Glasfaser-Teilnehmeranschlussdosen (z.B. Fa. Telegärtner (li.) und Fa. Diamond (re.)) (Quellen: DT und Fa. Diamond)	37
Abbildung 43: Gf-TA für ausschließliche Hutschienenmontage (Quelle: Fa. Acome)	37
Abbildung 44: 2. Gf-TA mit Gf-Verlängerung (Fa. Acome) sowie „Clear Track“ Kanal (Fa. Corning) (Quellen: Fa. Acome und Fa. Corning)	38
Abbildung 45: „Clear Track“ Kanal mit eingelegter Faser (Quelle: Fa. Corning)	38

Abbildung 46: Glasfaser-Modem (ONT) (Quelle: DT)	39
Abbildung 47: Messanschaltung Pegelmessgeräte (Quelle: DT)	41
Abbildung 48: Beispiel Optischer Pegelmesser (Quellen: links Fa. 3 Edge/ Fa. EXFO; rechts Fa. VIAVI)	42
Abbildung 49: Beispiel Optischer Multimeter (handheld) der Fa. EXFO (Quelle: Fa. 3 Edge / Fa. EXFO)	42
Abbildung 50: Beispiele von OTDR's für NE4 (Quellen: links: Fa. Yokogawa; rechts: Fa. 3 Edge /Fa. EXFO)	43
Abbildung 51: Schematische Darstellung einer typischen OTDR-Messkurve mit Zuordnung der gemessenen Ereignisse (Quelle: Fa. 3 Edge / Fa. EXFO)	43
Abbildung 52: Beispiele zu Rotlichtquellen (Quellen: links; Fa. VIAVI; rechts: Fa. 3 Edge)	44
Abbildung 53: Vorlage für ein Abnahmemessprotokoll (Quelle: DT)	44
Abbildung 54: Mögliche Konfiguration von Wandauslässen (Koax, Daten und Strom) (Quelle: DT)	46
Abbildung 55: Prinzipdarstellung (Draufsicht) einer Verkabelung in einer Beispielwohnung (Quelle: DT)	46
Abbildung 56: Beispiel eines beschalteten Multimediaverteiler (Quelle: links: Fa. Hager Electro; rechts: DT)	47
Abbildung 57: Prinzipdarstellung eines beschalteten Multimediaverteiler mit ausgelagertem Router (Quelle: DT)	48







