



**GIGABITBÜRO
DES BUNDES**

Ein Kompetenzzentrum
des Bundesministeriums für
Digitales und Verkehr

Im Auftrag des



Bundesministerium
für Digitales
und Verkehr

Gebäudezuführung und hausinterne Signal-Verteilung bei Gigabitnetzen





Allgemein

Die hausinterne Kabelinfrastruktur ist ebenso wichtig wie der Gigabitausbau mit Glasfaser vor dem Grundstück, denn Fernsehen, Telefonieren und Internetsurfen erfordern ein leistungsstarkes Netzwerk innerhalb der eigenen vier Wände. Glasfaser wird auch innerhalb von Gebäuden eingesetzt. Gerade für die schnelle Übertragung hoher Datenvolumen (10 Gbit/s) gibt es derzeit kein leistungsfähigeres Übertragungsmedium.

Aufbau eines Glasfaserkabels

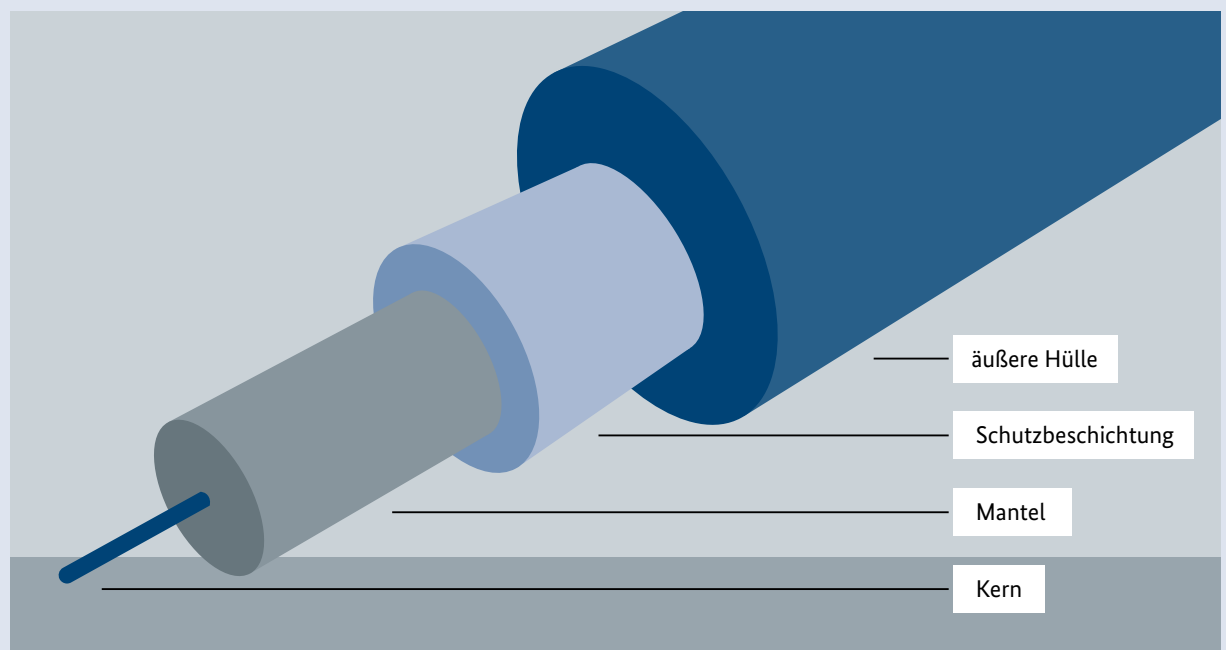
In einem Glasfaserkabel werden die Informationen nicht elektrisch, wie in bestehenden Kupfernetzen, sondern optisch als Lichtwellen übertragen. Die Glasfasern bilden dabei einen Lichtwellenleiter (LWL). Er besteht aus einem Kern und einem Mantel aus Quarzglas, der von einer Schutzbeschichtung aus farbigem Kunststoff sowie einer äußeren Hülle umgeben ist. Das Prinzip der Signalausbreitung beruht auf der Totalreflexion. Dadurch wird der Lichtstrahl mit geringer Dämpfung, fast verlustfrei innerhalb des Kerns weitergeleitet und tritt am anderen Ende des Lichtwellenleiters wieder aus.

Single- und Multimode-Fasern

Im Allgemeinen wird bei Glasfaserkabeln zwischen Singlemode-Fasern und Multimode-Fasern unterschieden.

- Singlemode-Fasern besitzen einen sehr kleinen Faserkern mit einem Durchmesser von etwa $9\ \mu\text{m}$. Dadurch kann sich nur eine Lichtwelle (Mode) in dem Glasfaserkern ausbreiten. Das Lichtsignal wird mit geringer Dämpfung und ohne große Laufzeitverschiebungen über große Entfernungen übertragen. Singlemode-Fasern werden für die Übertragung sehr hoher Datenraten über sehr große Entfernungen verwendet.
- Multimode-Fasern verfügen über einen größeren Kerndurchmesser von etwa $50\ \mu\text{m}$. Aufgrund dessen können sich mehrere Moden in dem Lichtwellenleiter ausbreiten. Es entstehen so unterschiedlich lange Wege und damit unterschiedlich lange Laufzeiten der einzelnen Moden. Mit zunehmender Strecke ist eine stärker werdende Signalverfälschung die Folge. Sie eignen sich daher nur für kurze Wege und werden vor allem in Rechenzentren oder innerhalb von Gebäuden eingesetzt.

Aufbau eines Glasfaserkabels (Abbildung 1)



Zuführung und Hausanschluss

Für die Zuführung von Glasfaser an ein Gebäude wird ein Leerrohr von der Grundstücksgrenze (Straße/Gehweg) zum Gebäude gelegt. Aus dem Leerrohrverbund, der entlang der Straße verläuft, wird das für das Gebäude vorgesehene Mikroröhrchen abgezweigt und bis ins Haus verlegt. Durch dieses Mikroröhrchen werden dann die Glasfaserkabel eingebracht.

Wie viele Fasern pro Gebäude benötigt werden, hängt unter anderem von der Anzahl der Haushalte im Gebäude ab. Durchmesser und Beschaffenheit der Leerrohrverbunde ergeben sich aus der Anzahl der Adressen und der zu versorgenden Haushalte in einem Netzabschnitt. Bei der Dimensionierung der Leerrohre sollte ausreichend freie Kapazität vorgehalten werden, um diese für zukünftige Bedarfe (z. B. Mobilfunkanbindung) nutzen zu können und nicht neu verlegen zu müssen. Bei geförderten Projekten sind die Anzahl der Fasern pro Haushalt sowie die redundante Leerrohrkapazität jedoch oftmals durch ein entsprechendes Materialkonzept vorgegeben.

Das Glasfaserkabel wird über ein Leerrohr (Kabelschutzrohr) ins Gebäude eingeführt. Bei der Umsetzung des Gebäudeanschlusses ist insbesondere auf die Dichtigkeit zu achten. Es gibt Universal-Hauseinführungen für alle gängigen Wandarten.

Bei den Glasfaseranschlüssen unterscheidet man zwei Arten:

- FTTB (Fibre To The Building) – Die Glasfaser endet im Gebäude. Dort wird das optische Signal in einem Wandler in ein elektrisches Signal transformiert und über die bestehende Kupferverkabelung innerhalb des Hauses verteilt. Je nach Beschaffenheit des Kupferkabels kann es dabei zu einer deutlichen Verringerung der Bandbreite kommen.
- FTTH (Fibre To The Home) – Die Glasfaser reicht bis in die Wohnung. Das optische Signal wird bis zum Endgerät des Kunden transportiert. So werden Bandbreitenverluste vermieden. Zudem entfallen die Betriebskosten für den optisch-elektrischen Wandler.

Hauseinführung für Glasfaserkabel (Abbildung 2)



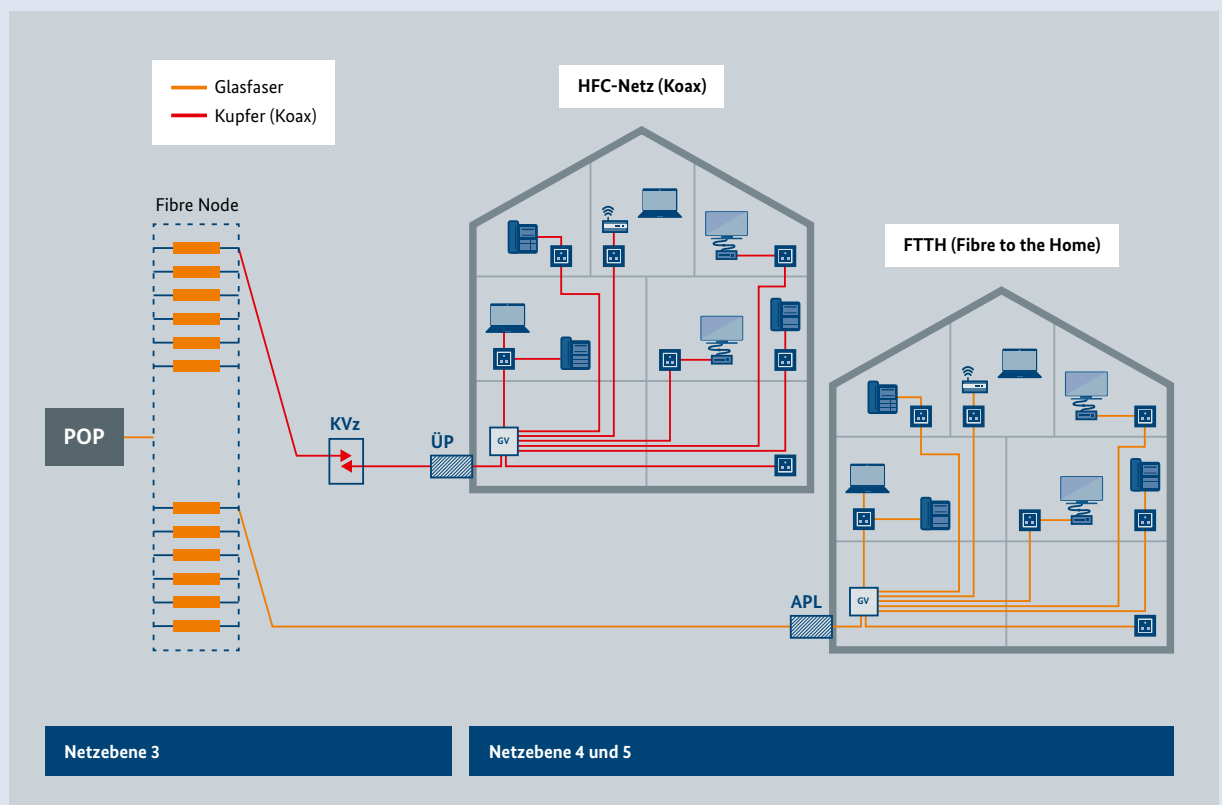
Quelle: Langmatz

Verkabelung im Gebäude

Es empfiehlt sich, zunächst einen Plan zu erstellen bzw. von einer Fachfirma erstellen zu lassen. In dem Plan werden alle Räume mit den darin benötigten Anschlüssen erfasst. Anhand des Plans können dann die benötigten Leerrohre und Anschlussdosen bestimmt sowie geeignete Verlegewege unter Berücksichtigung der Gegebenheiten vor Ort festgelegt werden.

Bei der Verlegung muss die Brandschutzverordnung zwingend eingehalten werden. In Abhängigkeit der vorhandenen Infrastruktur und der Bedarfe gibt es für die Verkabelung im Gebäude verschiedene Technologien. Im Folgenden geben wir Ihnen einen kurzen Überblick über die einzelnen Möglichkeiten.

Signalübertragung über HFC-Technik und über Glasfasertechnik (Abbildung 3)



HFC-Infrastruktur

Hybrid-Fiber-Coax-Netze, kurz HFC-Netze, bestehen aus Glasfaser- und Koaxialkabel. Der Übergang von Glasfaser- auf Koaxialkabel erfolgt in der Regel im Zugangnetz (Netzebene 3). Dabei wird das Signal mithilfe eines optisch-elektrischen Wandlers (Fiber Node) transformiert und auf der „letzten Meile“ über Leitungen weiter verteilt. Der Fiber Node kann in einem Kabelverzweiger (KVz) oder im Haus installiert sein. Je näher der Fiber Node sich am Endnutzer befindet und je weniger Anschlüsse er versorgt, desto höher ist grundsätzlich die verfügbare Bandbreite.

Koaxialnetze werden im Haus (Netzebene 4) in einer Sternstruktur angelegt. Dabei wird das am Übergabepunkt im Haus ankommende Signal in einen Verteiler (Multi-Tap) eingespeist und von dort über Koaxialkabel in jede Wohnung separat übertragen. Innerhalb der koaxialen Netze wird das Datensignal über den Standard DOCSIS (Data Over Cable Service Interface Specification) übertragen, der zugleich die klassische Rundfunk- und TV-Übertragung in die Wohnungen sicherstellt. Mit dem Standard DOCSIS 3.1 sind aktuell Übertragungsgeschwindigkeiten von 1 Gbit/s möglich.

LWL-Infrastruktur (Glasfaserkabel)

Wird auch die Verkabelung im Gebäude mit Glasfaserkabeln umgesetzt, spricht man von FTTH (Fibre To The Home). Dabei wird das Lichtsignal durchgängig bis zum Endnutzer transportiert, wodurch eine nahezu unbegrenzte Bandbreite ermöglicht wird.

Bei dieser Verkabelung werden mindestens eine, in der Regel aber vier Fasern vom Gebäudeverteiler bis in die Wohnung des Endnutzers verlegt. Dies ermöglicht eine physikalische Trennung der unterschiedlichen Dienste (TV, Internet etc.), erleichtert die Realisierung von Open-Access-Angeboten und sorgt für ausreichend Kapazitäten, um zukünftige Bedarfe abzudecken. Die Fasern, die sich hier in der Praxis besonders bewährt haben, sind die biegeunempfindlichen Singlemode-Fasern.

Der Kabelweg bis zum Glasfaser-Hausanschluss verläuft über drei Komponenten: Das Glasfaserkabel kommt zunächst am Abschlusspunkt Linientechnik (APL) im Gebäudeinneren an. Bei größeren Objekten (mehr

als vier Wohneinheiten) kann in direkter Nähe ein Glasfaser-Gebäudeverteiler (Gf-GV) installiert werden. Anschließend wird das Signal über ein weiteres Kabel an das nächste Netzelement übergeben, den Glasfaser-Teilnehmerabschluss (Gf-TA). Von hier aus wird das Signal an die dritte Komponente, den Netzabschluss (NT) weitergeleitet. Dieser wird in unmittelbarer Nähe (0,3–0,5 m) zum Gf-TA montiert. An diesem Teilnehmeranschluss kann der Endkunde ein Glasfasermodem oder einen geeigneten Router betreiben. Einige Hersteller bieten auch Hybridlösungen an, bei denen der Gf-TA und der Netzabschluss in einer Einheit verbaut sind.

Für die Verkabelung im Gebäude werden laufend neue und innovative Lösungen entwickelt, um den Ausbau schneller und kostengünstiger zu gestalten. Beispiele hierfür sind die grünen LC-APC-Steckverbindungen sowie vorkonfektionierte Gf-TA-Systeme mit integriertem Kabel und Steckverbindung, wodurch Spleißarbeiten reduziert werden.

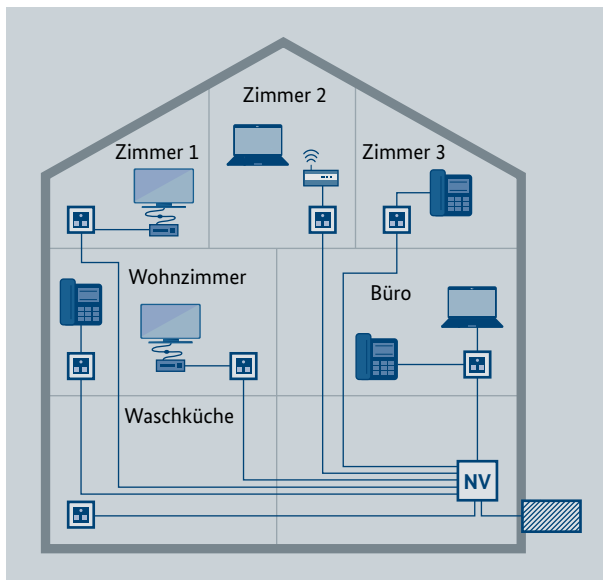
Kupfer-Infrastruktur (Kupferkabel)

Die über Kupferleitungen realisierbare Bandbreite ist stark von der Beschaffenheit des Kupferkabels abhängig. So ist die typischerweise im Altbestand verbaute Kupferdoppelader von 0,2–0,4 mm Durchmesser deutlich weniger leistungsfähig als die nach dem CAT-Standard genormten Datenkabel mit 0,5–0,6 mm Durchmesser und entsprechendem Schirmungsmaß. Heutzutage werden häufig CAT-7-Kabel eingesetzt. Diese Kabel haben vier einzeln abgeschirmte Adernpaare innerhalb eines gemeinsamen Mantels. Das Kabel gilt als zukunfts-sicheres Verlegemedium, hat einen Frequenzbereich von 1.000 MHz und ist damit für 10-Gigabit-Ethernet geeignet. Über diese verschiedenen Kupfertechnologien

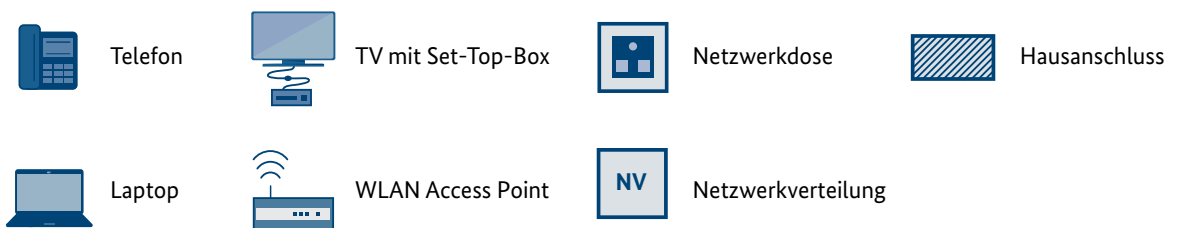
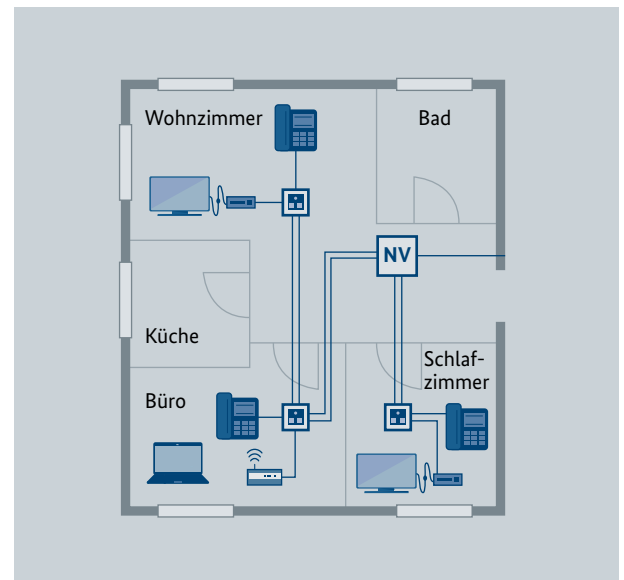
können xDSL-, Ethernet- und XG-Fast-Anschlüsse geschaltet werden. Hauseigentümer sollten zusätzlich zu der kupferbasierten Inhouseverteilung eine Minimalausstattung wählen, die so dimensioniert ist, dass Glas- und/oder Koaxialkabelnetze unterstützt werden.

Wenn ein ankommender Glasfaseranschluss aus der Netzebene 3 existiert, wird diese Netzebene mit einer aktiven Technologie (z. B. Mini-DSLAM) abgeschlossen. Über die kupferbasierte Inhouseverteilung können mit kurzen Leitungslängen xDSL-, Ethernet- und G.fast-Anschlüsse mit höheren Bandbreiten geschaltet werden.

Verteilung im Einfamilienhaus und Übertragungstechnologien (Netzebenen 4 und 5)
(Abbildung 4)



Verteilung in der Wohnung (Netzebene 5)
(Abbildung 5)



Stromnetz-Infrastruktur (Powerline)

Eine Möglichkeit der Signalverteilung innerhalb eines Gebäudes, ohne neue Leitungen zu verlegen, bietet das Stromnetz. Bei der sogenannten Powerline-Technologie werden Daten über die Stromleitung übertragen. Dazu wird das Signal mittels Adapter in das Netz eingespeist und kann mithilfe weiterer Adapter an anderen Steckdosen innerhalb desselben Stromkreises wieder abgenommen werden. Das ursprünglich digitale Eingangssignal wird vom ersten Adapter in ein analoges Signal umgewandelt und hochfrequent auf die Stromleitung gegeben. Die Adapter an den Steckdosen empfangen das analoge Signal, filtern es heraus und wandeln es wieder in digitale Daten um. Die meisten Powerline-Lösungen verfügen über eine Datenverschlüsselung, um die Daten vor unbefugtem Zugriff zu schützen. Es lassen sich mehrere Geräte zu einem Powerline-Netzwerk verbinden.

Ob Powerline-Technologie eingesetzt werden kann, hängt wesentlich von der Beschaffenheit des Stromnetzes ab. So lassen sich nur Steckdosen innerhalb desselben Stromkreises vernetzen. Auch das Alter des Stromnetzes kann eine Rolle spielen. Moderne Stromkreise haben standardmäßig drei Adern: die Phase (L), den Neutralleiter (N) und den Schutzleiter (PE). Bei älteren Leitungen gibt es oft nur zwei Adern. Um hohe Bandbreiten (bis zu 1,2 GBit/s) über Powerline zu erzielen, ist eine Steckdose mit Schutzkontakt (Schuko) sowie eine Stromverkabelung mit drei Adern erforderlich.

Drahtlose Datenübertragung (WLAN)

Eine besonders weit verbreitete und bequeme Technologie für die Übertragung von Daten innerhalb eines Gebäudes bzw. einer Wohnung ist Wireless Local Area Network (WLAN), ein drahtloses, lokales Netzwerk mit einer oder mehrerer Antennen (Hotspots), deren Reichweite in der Regel 100 Meter nicht überschreitet. Ein WLAN wird meist parallel zu einem leitungsgebundenen Local Area Network (LAN) betrieben. Insbesondere mobile Endgeräte wie Smartphones, Tablets oder Notebooks werden häufig über WLAN ins Heimnetzwerk integriert und ans Internet angebunden, während Smart TVs oder Desktoprechner eher über LAN-Kabel mit dem Netzwerk verbunden werden. Die meisten Router für den Einsatz im Heimnetzwerk haben bereits WLAN integriert.

Die meisten WLAN-Router verwenden den Funkstandard 2,4 GHz. Daneben existiert auch das 5-GHz-Frequenzband. Es bietet höhere Bandbreiten, hat aber eine geringere Reichweite als das 2,4-GHz-Band. Bei Funkfrequenzen gilt: je höher die Frequenz, desto geringer die Reichweite. Netze mit dem neueren 5-GHz-Standard sind nicht so anfällig für Störungen und können Datenraten von bis zu 1,3 Gbit/s erreichen.

Bewertung der vorhandenen Infrastruktur und Bedarfsabschätzung

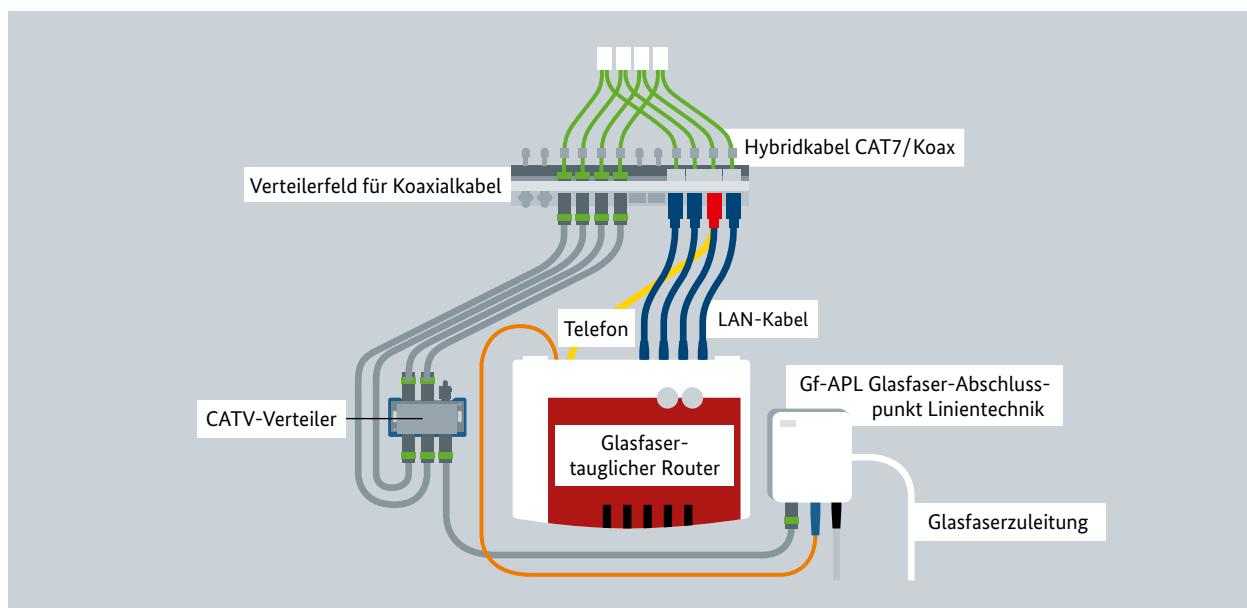
Um die Zukunftsfähigkeit einer Netzinfrastruktur beurteilen zu können, muss in einem ersten Schritt die verfügbare Infrastruktur (z. B. Leerrohre, Koaxial-/Kupferkabel, Anschlussdosen) erfasst und hinsichtlich ihrer möglichen Weiterverwendbarkeit beurteilt werden. Hierfür sind nicht nur technische Parameter (z. B. Dämpfung und Schirmungsmaß), sondern auch die Struktur und Verlegequalität relevant. So ist etwa eine sternförmige Verkabelung der Wohnungen eine wichtige Voraussetzung für die Weiterverwendbarkeit. Zu berücksichtigen ist auch, dass die Leitungslängen aufgrund physikalischer Gegebenheiten begrenzt sind. Bei Mehrfamilienhäusern kann in den Wohnungen (Netzebene 5) eine weitergehende passive Infrastruktur errichtet werden (zweiter und dritter Anschluss im wohnungsinternen Durchschleifsystem). Damit ist auch vorgegeben, dass die vorhandenen Teilnehmeranschlussdosen generell ausgetauscht werden müssen. Multimediadosen können in den Wohnungen an frei wählbaren Orten installiert werden.

Führt die Prüfung und Bewertung eines Hausnetzes zu dem Ergebnis, dass die verlegten Koaxial- bzw. Kupferkabel nicht weiterverwendet werden können, so muss

zumindest ein neues Koaxialnetz errichtet werden. Baubegleitend wird dann die Vorbereitung der Verlegung (Leerrohre) oder die Mitverlegung von Glasfasern im Gebäude empfohlen. Dies kann über den Einsatz von Hybridkabeln (Koaxial- und Glasfaserkabel), Kabeln mit angespritztem Leerrohr oder mitverlegten Leerrohren realisiert werden. Die sofortige Mitverlegung von Glasfaserkabeln und die Ablage von Reservelängen in Kanälen oder in Glasfaser-Abschlusspunkten (Gf-APs) im Kellerbereich und in den Wohnungsanschlussdosen (Gf-TA) sind hierbei die kostengünstigere Variante. Die verlegten Glasfaserkabel werden mit ihren heutigen Übertragungsparametern den physikalischen Anforderungen an FTTH-Netze langfristig genügen. Ein technischer Verschleiß wie bei aktiver Technik (z. B. Kabelverstärker) ist hier nicht zu erwarten. Empfohlen werden vier Fasern pro Wohnung, um mehreren Anbietern (Open Access) einen Zugang zu ermöglichen.

Sollen Leergehäuse vom Gf-AP im Kellerbereich bereits vorinstalliert werden, so sind diese hinsichtlich ihrer Funktionalität (z. B. Providieranbindung, Patchbarkeit der Wohnungskabel, langfristige Liefergarantie) sorgsam auszuwählen.

Beispielhafte Haus-/Wohnungsverteilung (Abbildung 6)



Überlegungen zur Planung von Inhousesetzen

Bedarfsabschätzung

Bei der Bedarfsabschätzung gilt es, nicht nur die aktuellen Bedarfe der vorgesehenen Mieter (gewerblich, privat) zu berücksichtigen, sondern es sollte nachhaltig geplant werden. Das bedeutet zum einen, dass die derzeit exponentiellen Wachstumsraten der Datenvolumen beachtet werden müssen. Zum anderen sollten ausreichend redundante Kapazitäten (Leerrohre, Fasern) eingeplant werden, um möglichen zukünftigen Entwicklungen (z. B. Smart City/Building) Rechnung tragen zu können.

Bestandsaufnahme und -bewertung

Im Zusammenhang mit der Neuplanung der Datenetze in einem Gebäude empfiehlt sich stets eine vorgelagerte Erfassung der vorhandenen Infrastruktur (z. B. Leerrohre, Koaxial-/Kupferkabel, Anschlussdosen) und deren Bewertung hinsichtlich einer möglichen Weiterverwendbarkeit. Hierbei sind nicht nur technische Parameter (Kabeltyp und -beschaffenheit), sondern auch die Netzstruktur und die Verlegequalität zu berücksichtigen.

Auswahl der Technologie

Langfristig wird erwartet, dass nur flächendeckende Glasfasernetze den steigenden Bedarf decken können. Bis dahin müssen die vorhandenen Technologien optimal genutzt werden. Vielerorts dürfte es für Bauherren daher sinnvoll sein, nicht allein auf Glasfaser zu setzen, sondern parallel dazu Koaxialkabel vorzuhalten.

Gesetzliche Vorgaben

Insbesondere Brandschutzverordnungen, aber auch einschlägige Bauordnungen und Bauproduktverordnungen sowie Mindeststandards für die elektrische Sicherheit sind bei der Planung und der Auswahl der Materialien zu beachten. Zudem macht das Telekommunikationsgesetz Vorgaben hinsichtlich der passiven Dateninfrastruktur in Gebäuden.

Weiterführende Informationen

In der Handreichung „Bausteine für Netzinfrastrukturen von Gebäuden“ des Bundesministeriums für Verkehr und digitale Infrastruktur finden Sie vertiefende Hinweise zu den Themen in dieser Publikation.

Weitere Informationen für die Praxis erhalten Sie in dem Workshop „Gigabitausbau für die Wohnungswirtschaft – Inhouse-Verkabelung“ des Gigabitbüros des Bundes.

Impressum

Herausgeber

Bundesministerium für Digitales
und Verkehr (BMDV)
Invalidenstraße 44
10115 Berlin
www.bmdv.bund.de

Druck

Bundesministerium für Digitales
und Verkehr (BMDV)
Referat Z 32
Hausdruckerei

Redaktion und Gestaltung

Gigabitbüro des Bundes
Kapelle-Ufer 4
10117 Berlin
www.gigabitbuero.de

Bildnachweis

Fotos: iStock Photo

Stand

August 2022

Gigabitbüro des Bundes
Kapelle-Ufer 4
10117 Berlin

Tel.: +49 (0) 30 2636 5040
Fax: +49 (0) 30 2636 5042
kontakt@gigabitbuero.de

www.gigabitbuero.de