



Sat-ZF-Verteilung über Lichtwellenleiter

Dämpfungsarmut ermöglicht ausgedehnte Systeme

Der Direktempfang von Radio- und Fernsehprogrammen über geostationäre Satelliten hat in den letzten 20 Jahren weite Verbreitung gefunden. Bis heute unverändert findet die gebäudeweite Verteilung der im Empfangskonverter (LNB: Low Noise Block Converter) auf ein 1,2 GHz breites Frequenzband zwischen 0,95 und 2,15 GHz abgemischten Satellitenabstrahlungen über Koaxial-Kabel statt. Die Kabeldämpfungen von typ. 20 dB bei 0,95 GHz und 30 dB bei 2,15 GHz pro 100 m Kabellänge erfordern für ausgedehnte koaxiale Verteilsysteme

einen erheblichen technischen Aufwand, um die frequenzabhängigen Pegelverluste auszugleichen und eine hohe Signalqualität an der Teilnehmerdose sicherzustellen.

Der Status quo. Die klassische Sat-Empfangsanlage für ein Einfamilienhaus mit Multischalter und vier Antennensteckdosen zeigt beispielhaft Abbildung 1. Ihre relativ geringen räumlichen Ausdehnungen verursachen akzeptable Kabeldämpfungen, wie man den Pegeln an den Dosenausgängen entnehmen kann. Sie liegen alle im Bereich zwischen 50 und 60 dB μ V und sind für marktübliche Receiver unproblematisch. Komplizierter wird es, wenn die vier vom Quadro-LNB abgegebenen Sat-ZF-Spektren in einem Wohnblock über mehrere Etagen auf zahlreiche Wohnungen verteilt werden sollen. Hier kommen in aller Regel Etagenstern-Verteiltopologien zum Einsatz, d. h. Multischalter in jeder Etage. Dabei werden die Sat-ZF-Bänder durch die Multischalter in den einzelnen Etagen durchgeschleift und von den Multischaltern ausgehend innerhalb des Stockwerks sternförmig verteilt. Hier kommen leicht Leitungslängen zustande, die im Zusammenhang mit den Durchschleifdämpfungen der Multischalter an den Ausläufern des Verteilsystems Pegelprobleme verursachen können. Zwar kann der Signalpegel nach beispielsweise 3 kaskadierten Multischaltern durch einen Verstärker wieder angehoben werden, aber auch das geht wegen der damit verbundenen Verschlechterung der Signalqualität nicht beliebig oft. Aus diesem Grund ist die koaxiale Sat-ZF-Verteilung im Ortsbereich mit vernünftigem Aufwand nicht realisierbar.

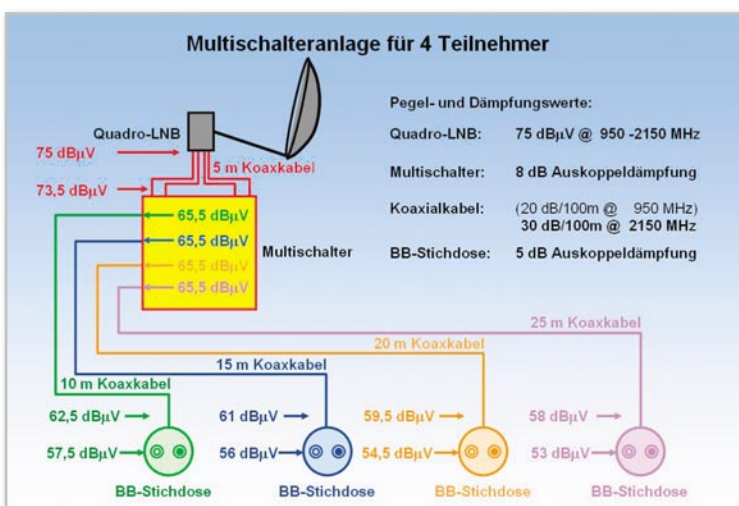


Bild 1: Die klassische Sat-ZF-Verteilung beruht auf stark dämpfendem Koaxial-Kabel.

Mit Licht in die Zukunft. Einen Ausweg aus allen Problemen mit Bandbreite und Dämpfung versprechen Lichtwellenleiter in Gestalt der Glasfaser oder Polymer-optischen Faser (POF). Diese drängen zunehmend in die kommunikationstechnische Gebäudeverkabelung, wo sie Kupferalternativen (Koax, Twisted Pair) abzulösen beginnen.

Für die optische Übertragung der vier Sat-ZF-Bänder eines DBS-Satelliten (DBS: Direct Broadcasting Satellite = Satellit für den Direktempfang) wie Astra oder Eutelsat gibt es zwei Alternativen.

1. Alternative. Jedes der vier Sat-ZF-Bänder, wie sie der Quadro-Universal-LNB abgibt, wird über je einen elektrisch-optischen Wandler auf die optische Faser eingespeist, um dann am Ende der Vierfaser-Übertragungsstrecke wieder in die ursprünglichen Bänder optisch-elektrisch zurückgewandelt und über Multischalter den Satellitenreceivern der Teilnehmer per Koaxial-Kabel zugeleitet zu werden. Es sind also 4 optische Sender, 4 optische Fasern und 4 optische Empfänger für eine LWL-Strecke erforderlich. Die Anforderungen an die Frequenzstabilität der Laser sind eher gering. Das herkömmliche LNB mit koaxialen Ausgängen kann unverändert weiterbenutzt werden.

Dieser technische Ansatz wird beispielsweise von den Firmen DCT Delta GmbH (www.dct-delta.de) und Spaun electronic GmbH & Co. KG (www.spaun.de) verfolgt. Während DCT Delta auf Einzel- oder Doppel-Lasermodule setzt und am Ende der optischen Strecken wiederum mit Einzel- oder Doppelpfängermodulen die elektrischen Sat-ZF-Spektren wiedergewinnt (Abbildung 2), verwendet Spaun sendeseitig Einzel-Lasermodule für jede Sat-ZF-Ebene und Vierfachempfängermodule am Ende der optischen Strecke. Bei beiden Herstellern erlaubt es die Übertragungsbandbreite unterhalb der Sat-ZF im Frequenzbereich 47 bis 860 MHz, noch ein vollständiges BK-Spektrum zu übertragen. Der Sendepiegel der 1310-nm-Laser liegt bei 6 dBm, der minimale Empfangspegel bei -10 dBm (DCT Delta) und -12 dBm (Spaun), die verfügbaren optischen Budgets betragen also 16 dB bzw. 18 dB.

2. Alternative. Jedes der Sat-ZF-Bänder kann auf einen eigenen Wellenlängenbereich moduliert werden. Dieses Verfahren wird als WDM (Wavelength Division Multiplex = Wellenlängenmultiplex) bezeichnet. Durch die bessere Ausnutzung der Faserbandbreite genügt eine Faser für alle vier (oder mehr) Sat-ZF-Bänder, allerdings ist der sende- und empfangsseitige Aufwand höher. Auch hier kann ein herkömmliches Quadro-LNB mit koaxialen Ausgängen unverändert weiterbenutzt werden.

Die maximale Anzahl der gleichzeitig auf einer Glasfaser übertragbaren Kanäle hängt von der Stabilität und Schmalbandigkeit der eingesetzten Laser ab. In der ITU-Norm G.692 sind im Wellenlängenbereich von 1530 bis 1560 nm acht Kanalgruppen mit jeweils vier Kanälen im 100-GHz-Raster spezifiziert (Abbildung 3). Wählt man z. B. für die Übertragung der vier Sat-ZF-Bänder die Kanäle 4, 12, 20 und 28, dann sind wegen des großen Kanalabstands von 1 THz auch weniger frequenzstabile und deshalb preiswertere Laser verwendbar. Optische Multiplexer und Demultiplexer am Ein- und Ausgang der Übertragungsstrecke bilden aber unvermeidliche

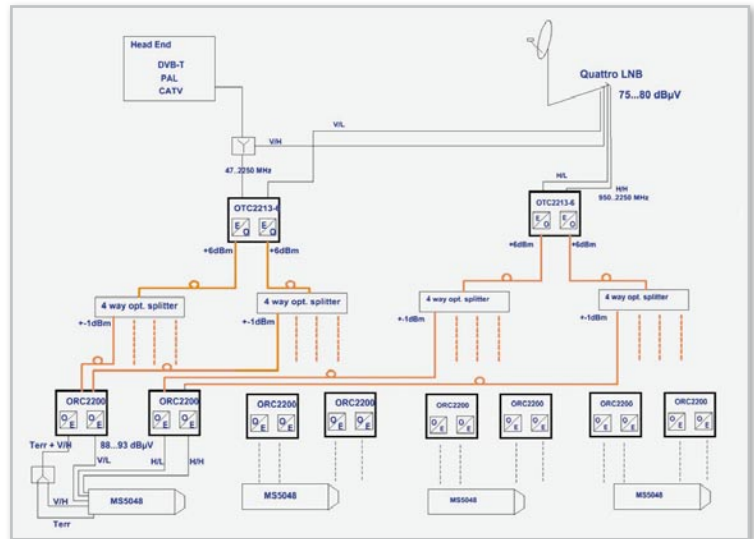


Bild 2: Das Konzept von DCT Delta sieht die verlustarme, volltransparente optische Übertragung von vier einzelnen Frequenzbändern von 47 bis 2150 MHz vor.

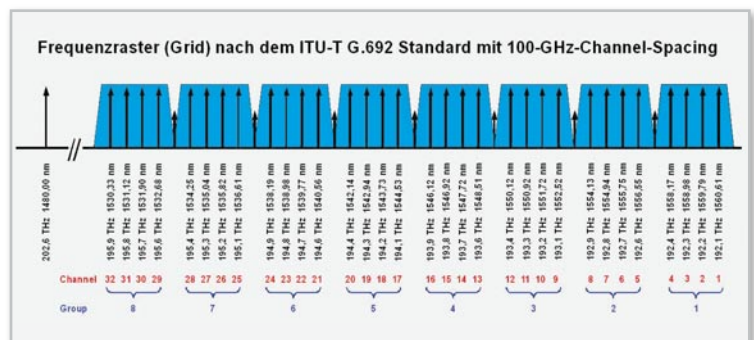


Bild 3: Das ITU-G.692-Raster definiert 8 Gruppen mit je 4 Trägern im Frequenzabstand von 100 GHz im Wellenlängenbereich um 1550 nm.

Kostenfaktoren. Nehmen wir an, das modulierende Spektrum umfasse den terrestrischen Frequenzbereich von 47 bis 862 MHz und das daran anschließende Sat-ZF-Spektrum (950 bis 2150 MHz), also 2,15 GHz Bandbreite insgesamt. Bei einer Intensitätsmodulation (entspricht der Amplitudenmodulation) des Trägers entstehen um ihn herum ein oberes Seitenband in Regellage und ein unteres Seitenband in Kehrlage. Wird z. B. Kanal 11 des ITU-Rasters (193,3 THz = 193.300 GHz) als Träger gewählt, so erstreckt sich das Spektrum des modulierten Signals von 193.297,85 GHz bis 193.002,15 GHz. Es besteht also noch ein gewaltiger Abstand zu den 100 GHz entfernten Nachbarträgern bei 193.200 GHz und 193.400 GHz. Theoretisch kann das modulierende Signal eine Bandbreite von 50 GHz haben, damit es zu keinen Überschneidungen mit dem Spektrum des ebenfalls mit dieser Bandbreite modulierten Nachbarträgers kommt. In diese theoretische Modulationsbandbreite passen 1000 Satellitentransponder mit 50 MHz Bandbreite, auf denen jeder mindestens 4 HD- oder 8 SD-Programme transportieren kann. Somit sind bis zu 4000 HD- oder 8000 SD-Programme auf jedem der 40 Träger des in Abbildung 3 gezeigten ITU-Rasters im 1550-nm-Fenster der Glasfaser prinzipiell übertragbar. Es stecken also noch riesige Übertragungskapazitätsreserven in dem Verfahren, wenn es kostengünstig gelingt, die Träger extrem schmalbandig und frequenzstabil zu erzeugen.

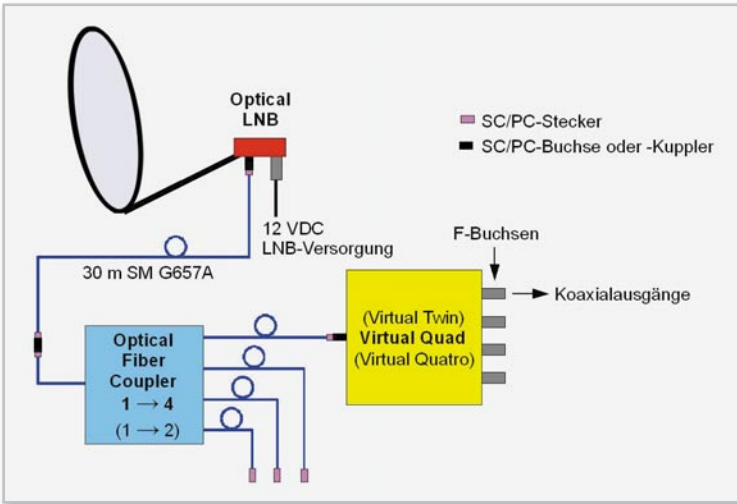


Bild 4: Teilnehmerseitig wird das optische Sat-ZF-Verteilssystem durch einen Virtual Quad abgeschlossen. Er wandelt das Signal optisch-elektrisch und stellt es an seinen vier F-Ausgängen wie ein normaler Multischalter herkömmlichen Receivern mit koaxialem Antenneneingang zur Verfügung.

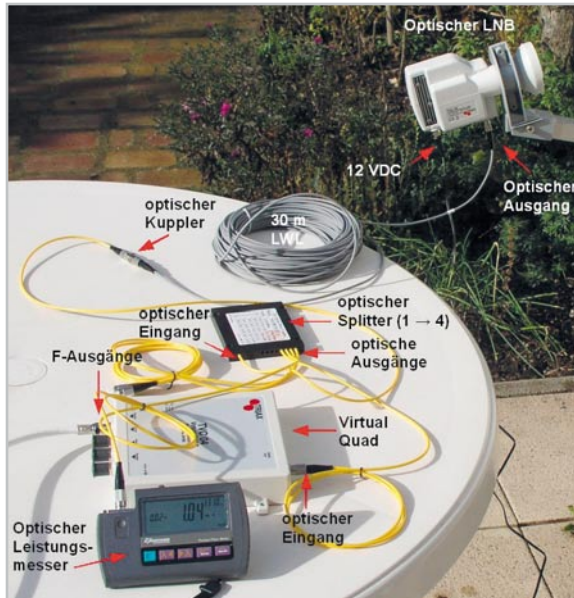


Bild 5: „System on a Table“, mit wenigen Handgriffen ist eine Vier-teilnehmeranlage in Betrieb zu nehmen.

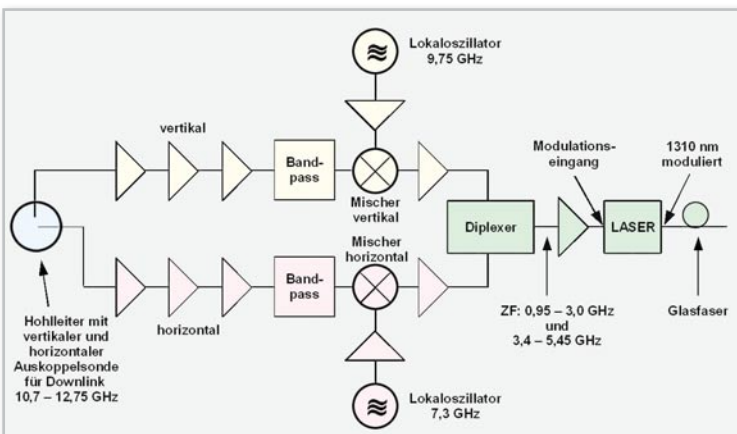


Bild 6: Im optischen LNB werden die vertikalen und horizontalen Downlinkbänder so abgemischt, dass sie in ein Frequenzband von 0,95 bis 5,45 GHz zu liegen kommen. Dieses dient der Intensitätsmodulation eines 1310-nm-Halbleiter-Lasers.

3. Alternative. Die Sat-ZF-Bänder werden elektrisch „gestapelt“ (Stacking), das heißt in der Hochfrequenzlage so verschoben, dass sie sich nicht überlappen. Der so entstandene breitbandige Stack wird dann einem Laser aufmoduliert und am Ende der Übertragungsstrecke wieder optisch-elektrisch rückgewandelt und in die ursprünglichen vier Sat-ZF-Spektren zerlegt (Destacking). Wenn das Stacking und die Modulation auf die Glasfaser bereits im LNB erfolgen, benötigt der LNB nur einen optischen Ausgang und einen Eingang für die Versorgungsspannung. Weil nur ein DFB-Laser und keine optischen Multiplexer/Demultiplexer erforderlich sind, vereinfacht sich das System in der optischen Ebene.

Im Bereich der optischen Übertragung der gestackten vier Frequenzbänder eines DBS (Direct Broadcasting Satellite) hat sich nach dem erfolgreichen Abschluss des von der ESA (European Space Agency) unterstützten und von der britischen Firma Global Invacom durchgeführten Projekts „Distribution of DBS Signals by Fibre Optic“ Entscheidendes getan. Die in 14 Arbeitspakete aufgeteilte Aufgabenstellung lautete: „Entwurf eines Systems zur Verteilung der DBS-Signale eines Universal-LNBs an Standard-Receiver in MDUs über eine einzelne optische Faser“. MDU (Multi Dwelling Unit) ist die im angelsächsischen Sprachraum übliche Bezeichnung für Gemeinschaftsempfangsanlagen. Alle 14 Teilziele wurden erreicht und in ein marktfähiges System überführt, das sich durch Preiswürdigkeit und einfaches Handling auszeichnet. Nachfolgend werden die Erfahrungen mit einem von der Firma Triax-Hirschmann (www.triax-gmbh.de) zur Verfügung gestellten Testsystem geschildert.

Vom optischen LNB zur Koax-Set-Top-Box.

Das System umfasst einen

- LNB mit optischem Ausgang,
- vorkonfektionierte, beidseitig mit FC/PC-Steckern versehene Single-Mode-Fasern verschiedener Längen (Type TRIAX Armored Optical Fiber Cabel SM G657A LSZH 3.0) 9/125 μm (Core/Cladding),
- optische Splitter (1 \rightarrow 2 und 1 \rightarrow 4) und
- optisch-elektrische Abschlusseinheiten (Optical to Legacy Converter) zum Anschluss herkömmlicher koax-basierter Hardware (Virtual Twin, Virtual Quad, Virtual Quattro).

Die Testanlage bestand aus optischem LNB (TOS 04), Virtual Quad (TVC 04), 30 m LWL-Kabel (TFC 30) sowie optischen Kupplern (TFB 001) und optischem 10-dB-Dämpfungsglied (TOA 10 FC/PC).

Abbildung 4 zeigt das Systemschema, Abbildung 5 die praktische Messanordnung. Wir sehen das optische LNB, einen optischen Kupppler für das Verteilen (Splitten) des LNB-Signals auf vier optische Fasern und einen Virtual Quad, der das optische Signal am Ende des optischen Netzabschnitts wieder in die koaxialen Signale verwandelt, die ein herkömmlicher Multischalter an seinen Teilnehmerausgängen zur Verfügung stellt. Damit lassen sich handelsübliche Sat-Receiver verwenden.

Der Aufbau gestaltet sich einfach. Für die Ausrichtung der Antenne gibt es zwei Möglichkeiten:

1. Die Antenne entweder mit einem konventionellen LNB und Messempfänger ausrichten und dann das optische LNB montieren oder

2. optischen LNB montieren und über optischen 10-dB-Abschwächer den Virtual Quad anschließen. Einen seiner F-Ausgänge mit Messempfänger verbinden und Ausrichtung vornehmen.

Sollte man das System mit keiner der beiden genannten Methoden zum Laufen bringen, ist Rätseln oder der Einsatz eines optischen Leistungsmessers angesagt. Uns stand ein solcher (Kingfisher KI 9600 Pocket Fiber Meter) als Leihgabe der Firma DHS-Tools (www.dhs-tools.de) zur Verfügung. Obwohl unser Aufbau auf Anhieb funktionierte, machte uns die Messung der optischen Leistung am Ausgang des Splitters stutzig. Statt der zu erwartenden +1 dBm wurden hier -12 dBm vorgefunden. Nach der Reinigung des vorgeschalteten optischen Kupplers war die Welt wieder in Ordnung. Ohne optische Messhilfe hätte man wertvolle Systemreserve verschenkt.

Funktionsprinzip des optischen LNBs. Im optischen LNB werden die beiden Downlinkbänder (vertikal/horizontal 10,7 bis 12,75 GHz) mit 9,75 und 7,3 GHz abgemischt und zu einem „Stack“ (Stack = Stapel) zusammengeführt, der den Frequenzbereich von 0,95 bis 5,45 GHz belegt (Abbildung 6, Abbildung 7). Mit diesem Zwischenfrequenzband wird eine 1310-nm-Laser-Lichtquelle intensitätsmoduliert. Das modulierte Laser-Licht enthält nun die Informationen aller vier Sat-ZF-Bänder und kann mit einem Pegel von ca. 7 dBm ($10^{7/10}$ mW = 5 mW) über eine FC/PC-Buchse zur optischen Verteilung über Lichtwellenleiter abgegriffen werden. Die Spannungsversorgung des optischen LNBs mit 13 V_{DC}/300 mA erfolgt über eine F-Buchse.

Glasfasern, Kuppler, Dämpfer und Splitter. Aus diesen Komponenten wird das rein passive optische Verteilnetz aufgebaut.

Um dem Installateur das Leben so einfach wie möglich zu machen, stehen verschieden lange, mit optischen Steckern versehene Kabel zur Verfügung. Das aufwändige Spleißen (Verbinden) oder Anbringen der optischen Stecker (Konfektionieren) auf der Baustelle bleibt ihm also erspart. Wegen der extrem geringen optischen Faserdämpfung (<0,4 dB/km) spielen nahezu ausschließlich die Übergangsverluste in den Steckverbindungen und die Verteilverluste in den optischen Splittlern eine Rolle. Im Test wurde ein 30-m-Kabel-Ring vom Typ TRIAX Armored Optical Fiber Cabel SM G657A LSZH 3.0, 9/125 (Core/Cladding) Single Mode verwendet. Dieses etwa 3 mm starke Kabel nach der neuen ITU-Norm G.657.A ist biegeunempfindlich (min. Biegeradius 10 mm), dank Metallarmierung trittfest und äußerst zugbelastbar. Damit ist es ideal für Büroverkabelungen und Fiber-to-the-Home-Netze sowie auch zum nachträglichen Verlegen geeignet.

Eingesetzt werden FC/PC-Stecker (Abbildung 8). FC ist die Abkürzung für Fiber Connector (Faserstecker) und PC (Physical Contact) steht für die physikalische Berührstelle zwischen den Fasern. Die Steckerendflächen sind konvex geschliffen, damit der Stirnflächenkontakt nur im Bereich des Glasfaserkerns zustande kommt. Dies verringert Rückstrahlungen an den Enden der LWL-Abschnitte. In Abbildung 9 ist links das bereits erwähnte optische 10-dB-Dämpfungsglied und rechts ein FC/PC-Kuppler zu sehen.

Zur Aufteilung des optischen Signals auf zwei oder vier Strecken (Abbildung 10) steht je eine Splittertypen zur Verfügung. Der Vierfach-Splitter gibt über jeden Ausgang ein Viertel der am optischen Eingang eingespeisten Leistung ab (Verlustfreiheit angenommen). Dies entspricht einer theoretischen Verteildämpfung von $10 \log(0,25) = 6,02$ dB. Die tatsächlichen Werte sind vom Hersteller ausgemessen und auf den Splitter aufgedruckt. Sie liegen bei 6,2 bis 6,3 dB.

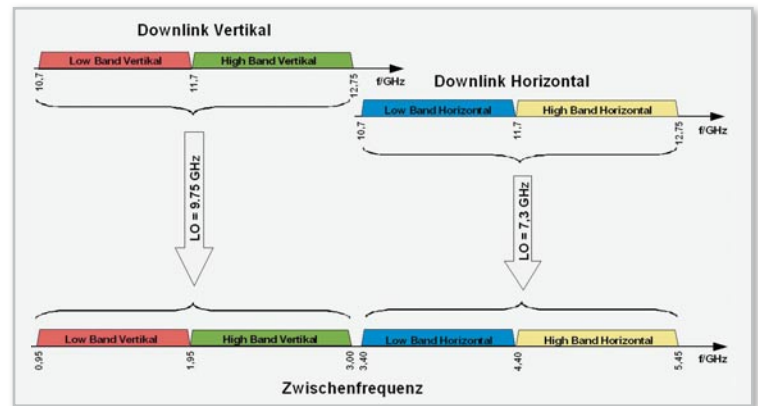


Bild 7: Das Umsetzschemata des optischen LNBs. Die vertikale Polarisationsebene wird mit 9,75 GHz, die horizontale mit 7,3 GHz abgemischt und zu einem Stack zusammengeführt.



Bild 8: Dank vormontierter Stecker vom Typ FC/PC sind keinerlei Erfahrungen in der LWL-Konfektionierung erforderlich.



Bild 9: Optische Abschwächer (links) und Kuppler werden bei Bedarf in den Signalweg eingefügt. Das kann erforderlich werden, um eine Übersteuerung der optisch-elektrischen Konverter zu vermeiden, falls das optische LNB-Ausgangssignal nicht oder nur wenig gesplittet wird.



Bild 10: In einem optischen Vierfachverteiler wird das optische Eingangssignal auf vier optische Ausgangssignale gesplittet.

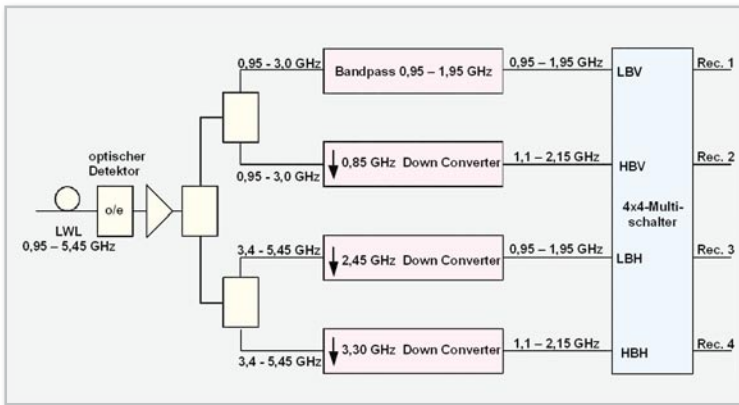


Bild 11: Der Virtual Quad zerlegt das optische Signalspektrum wieder in die Bänder Low Vertikal, Low Horizontal, High Vertikal und High Horizontal. An vier F-Ausgängen stehen sie wie bei einem klassischen Multischalter zur weiteren coaxialen Verteilung an herkömmliche Sat-Receiver zur Verfügung.

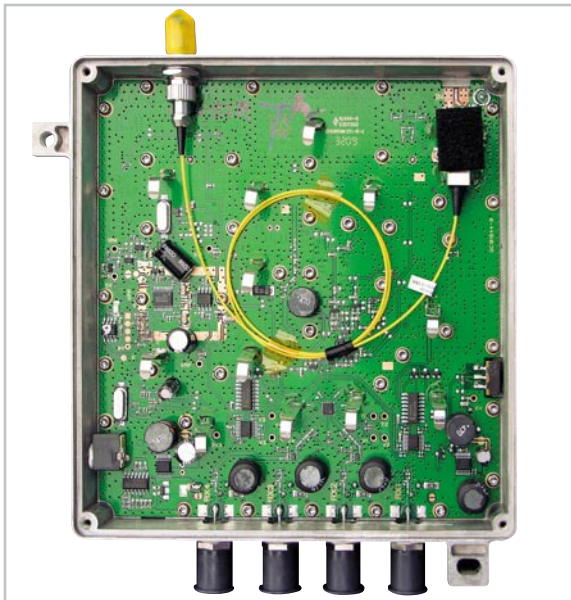


Bild 12: Das Innenleben eines Virtual Quads. Oben ist der optische Eingang zu sehen, von dem eine Glasfaser zum optisch-elektrischen Wandler führt, unten erkennt man die vier coaxialen Ausgänge.

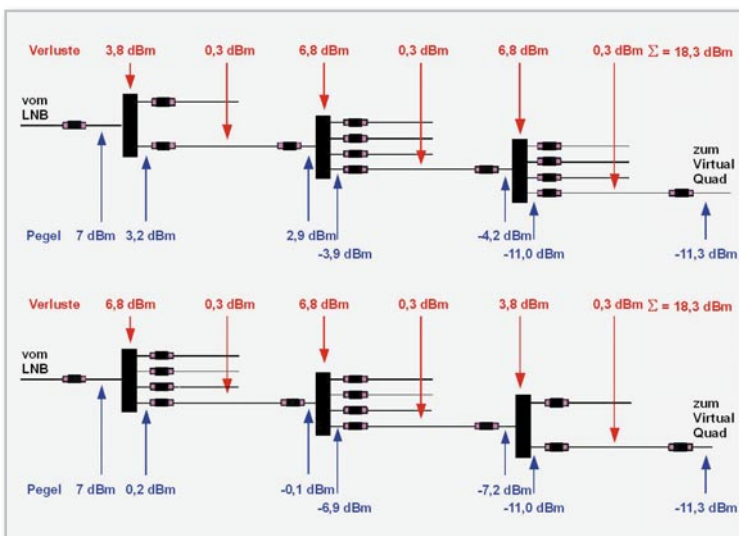


Bild 13: Das Pegelbudget reicht für das Aufsplitten der Signalenergie auf bis zu 32 Glasfasern aus.

Optisch-elektrische Konverter. An den Ausläufern des optischen Verteilnetzes werden die optischen Signale wieder in elektrische zurückgewandelt. Dazu stehen zur Verfügung:

- **Virtual Twin.** Er verhält sich receiverseitig wie ein Twin-LNB oder ein Zwei-Port-Multischalter und gestattet somit den Betrieb von zwei Sat-Receiver.
- **Virtual Quad.** Er verhält sich receiverseitig wie ein Quad-LNB oder ein Vier-Port-Multischalter und gestattet somit den Betrieb von vier Sat-Receiver. Sein Blockschaltbild zeigt Abbildung 11, sein Innenleben Abbildung 12.
- **Virtual Quattro.** Er liefert wie ein Quattro-LNB an seinen vier F-Ausgängen die vier Sat-ZF-Spektren (LBV, LBH, HBV, HBH) und erlaubt damit den weiteren Ausbau der Anlage mit herkömmlichen coaxialen Verteilkomponenten. Sein Blockschaltbild gleicht dem aus Abbildung 11, lediglich der ausgangsseitige 4x4-Multischalter fehlt.

Pegelbilanz. Die optische Ausgangsleistung des LNBs liegt bei typ. 7 dBm. Am Eingang des Virtual Quad sollten mindestens -11 dBm anliegen, d. h. 18 dB können im optischen Verteilsystem „verbraten“ werden. Da die Glasfaser etwas weniger als 0,4 dB/km im 1310-nm-Bereich dämpft, spielen in den meisten Fällen nur die Verteildämpfung der optischen Splitter und die Durchgangsdämpfung der Steckverbindungen im Signalweg eine relevante Rolle. Abbildung 13 zeigt, wie bei einem Splitfaktor von 32 der typische LNB-Pegel von 7 dBm durch die Gesamtverluste im optischen Signalpfad von 18,3 dBm auf -11,3 dBm abfällt. Damit ist das optische Signalbudget aufgebraucht. Mit 32 Virtual Quads an den Ausläufern des optischen Verteilnetzes können somit $4 \times 32 = 128$ Receiver versorgt werden. Setzt man statt der Virtual Quads dagegen Virtual Quattros ein, die wiederum beispielsweise 4x16-Multischalter speisen, wird die Zahl der versorgbaren Receiver auf 512 vervierfacht.

Frequenzgänge. Im Vergleich mit einem klassischen Universal-Twin-LNB (Silver Crest LP404) zeigte das Duo aus optischem LNB (TOS 04) mit direkt nachgeschaltetem Virtual Quad (TVC 04) von Triax-Hirschmann leichte, vielleicht vom Exemplar abhängige Schwächen in der Linearität des Frequenzgangs, besonders in der horizontalen Ebene des High-Bands (Abbildung 14). Hier war der Transponder 107 (Sat-1-Bouquet: Sat 1, Pro Sieben, Kabel Eins, N 24 und 9 Live ...) in einem Pegeltal. Ohne Messempefänger mit Spektrumsdarstellung ist dem daraus möglicherweise resultierenden unstillen Empfang schwer beizukommen.

Die gemessenen Werte für C/N (Carrier to Noise Ratio) und MER (Modulation Error Ratio) von 9,0 dB bzw. 9,8 dB beim optischen System (Abbildung 15) belegen das Problem im Vergleich mit Werten von C/N = 10,5 dB und MER = 12,6 dB beim klassischen Vergleichs-LNB.

Vorteile der optischen Sat-ZF-Verteilung. Die geringe LWL-Dämpfung erlaubt problemlos die Zuführung der vier Sat-ZF-Spektren auch über mehrere Kilometer. Eine 3-mm-Glasfaser ist in dieser Hinsicht einem dicken Bündel aus 4 Koaxial-Kabeln meilenweit überlegen. Dieser Vorsprung würde weiter wachsen, wenn das Stacking der 8 Sat-ZF-

Bänder eines Monoblock-LNBs gelänge. Hinzu kommt das einfache Handling.

Glasfasern haben keine Probleme mit elektromagnetischer Ein- und Ausstrahlung (Ingress und Egress). Sie können deshalb ohne weiteres auf längeren Strecken parallel zu Energiekabeln verlegt werden. Zudem ist ihr Durchmesser so klein, dass ein nachträgliches Einziehen in teilweise belegte Leerrohre oder die Verlegung hinter der Fußbodenleiste meistens keine Schwierigkeiten bereitet. Sollten die vormontierten Stecker den Durchgang im Leerrohr erschweren oder verhindern, bietet der Einsatz von sog. Miniflex-Kabeln (www.anpeq.com) einen Ausweg. Bei ihnen ist der Stecker nur an einer Seite vollständig montiert. Auf der anderen Seite haben sie einen „schlankeren Kopf“ in Form einer Ferrule, die nach erfolgtem Einziehen mit wenigen Handgriffen zum kompletten Stecker ergänzt wird (Abbildung 16). Auch hier ist also kein aufwändiges Spleißen erforderlich.

Potentialverschleppungen und Ausgleichsströme über den Mantel gibt es bei der nicht leitenden Glasfaser prinzipiell nicht. In Zeiten zunehmender Vernetzung von IT, TK und Rundfunkempfangsanlagen ist dies ein nicht zu unterschätzender Vorteil. Ein Potentialausgleich, in den die Mäntel von Koaxial-Kabeln einbezogen werden müssen, ist bei Glasfasern weder möglich noch nötig. Das spart Material und Arbeitszeit und steigert die Funktionssicherheit der Anlage. In einer DIN-EN-50173-konformen Wohnungsverkabelung mit einem zentralen Home-Distributor (Wohnungsverteiler, z. B. nach Abbildung 17) für multimediale Dienste ist der Virtual Quad als optisch angefahrener Multischalter die perfekte Lösung, denn die wohnungsweiten koaxialen Dämpfungen spielen in der Regel wegen der geringen Kabellängen eine untergeordnete Rolle.

Würde man das zweite Wellenlängenfenster 1550 nm zur Datenübertragung nutzen, könnte man über die gleiche Zubringerfaser das volle Triple Play realisieren. Entsprechende Endgeräte vorausgesetzt, wäre ein völliger Verzicht auf kupferbasierte Übertragungsmedien möglich. Aber bis dahin wird sicherlich noch eine Reihe von Jahren vergehen.

Nachteile der optischen Sat-ZF-Verteilung. Wie in dem Abschnitt „Pegelbilanz“ gezeigt, ist das Pegelbudget des vorgestellten Systems von etwa 18 dBm nach zwei Vierfach- und einem Zweifach-Splitter aufgezehrt. Das Anheben des optischen Pegels ist gegenwärtig mit relativ preiswerten optischen Verstärkern in EDFA-Technologie (EDFA: Erbium Doped Fiber Amplifier) nicht möglich, weil diese nur für den 1550-nm-Wellenlängenbereich verfügbar sind. Zukünftige optische LNBs mit höheren Ausgangsleistungen des Sendelasers würden dagegen längere Splitterkaskaden und damit erheblich größere Teilnehmerzahlen zulassen.

Die LNB-Speisung ist nicht mehr über das koaxiale Anschlusskabel möglich, vielmehr muss ein separates Kabel parallel zum LWL vom Speisernetzteil bis zum optischen LNB verlegt werden. Die erhöhte Zahl der Signalverarbeitungsschritte (Stacking, elektrisch-optische Wandlung, optisch-elektrische Wandlung, Destacking) beeinträchtigt prinzipiell, wenn auch in geringem Maß, die Signalparameter. Der mögliche Verzicht auf Verstärker, wie sie in koaxialen Netzen erforderlich sein können, ist dagegen von Vorteil.

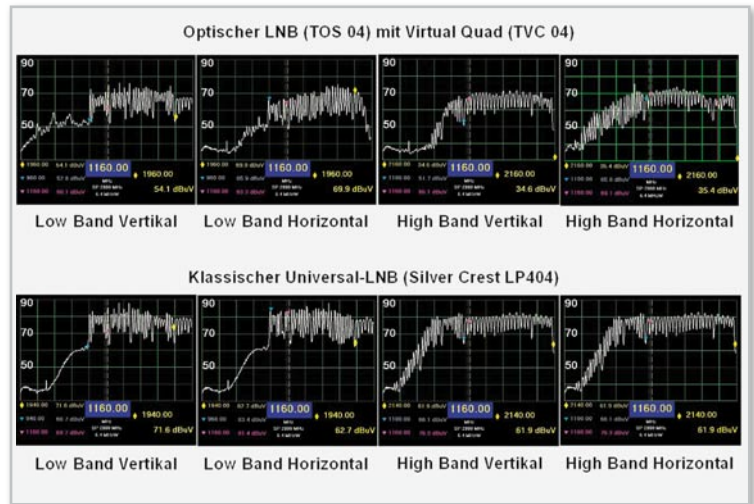


Bild 14: Beim Frequenzgang hat das System aus optischem LNB und Virtual Quad (oben) im Vergleich mit einem rein elektrischen LNB noch leichte Schwächen.

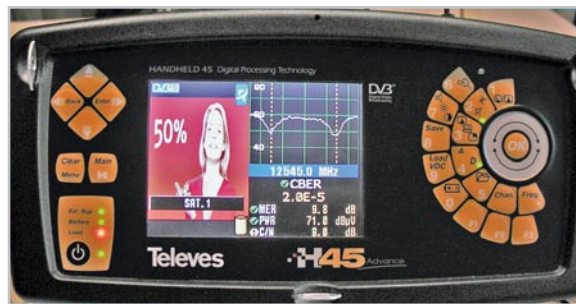


Bild 15: Die Frequenzgangdelle in Bild 14 oben rechts manifestiert sich in mäßigen Werten für C/N und MER. Die Screenshots stammen vom Messempfänger Televés H45 advance.



Bild 16: Bei Miniflex-Kabeln wird nur das Kabel mit ankonfektionierter Ferrule eingezogen. Am Ausgang des Leerrohrs wird die Ferrule durch wenige Handgriffe zum vollständigen Stecker ergänzt. (Quelle: Anpeq)

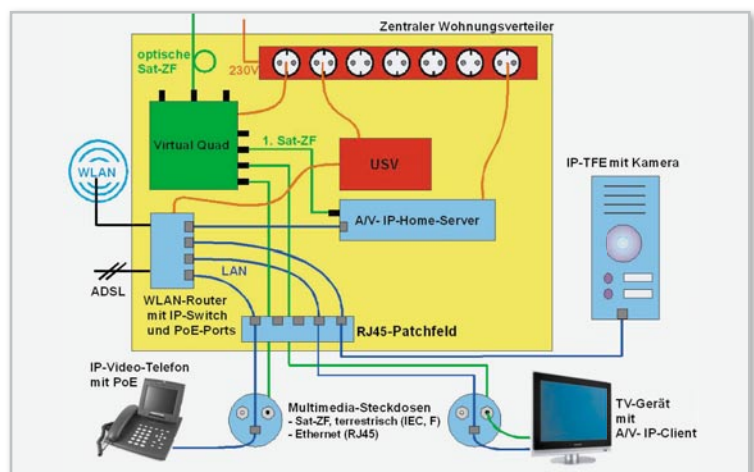


Bild 17: Der Virtual Quad eignet sich als optisch angefahrener Multischalter ideal für den Einsatz im zentralen Wohnungsverteiler nach DIN EN 50173.



Bild 18: Eine optische Quelle für 1310 und 1550 nm (links) und ein optischer Leistungsmesser für dieselben Wellenlängenbereiche (KI 9800 Pocket Series von Kingfisher) sind für die qualifizierte Beurteilung des optischen Verteilsystems unerlässlich.



Bild 19: Das OptiScan von Global Invacom erlaubt Messungen sowohl an den optischen als auch an den koaxialen Komponenten eines Sat-ZF-Hybridnetzes. (Quelle: Invacom)



Bild 20: Mit einer derartigen Kassette lassen sich zwei Transponder eines Satelliten in IPTV-Datenströme umwandeln. (Quelle: GSS)

Neue Anforderungen an den Installateur. Der Installateur, der sich bisher nur mit koaxialkabelbasierten Verteilsystemen beschäftigt hat, muss umdenken und einiges dazulernen. Bei der optischen Verteiltechnik spielt in der Praxis die überbrückte Distanz keine Rolle, wohl aber der Budgetverzehr durch optische Splitter und Kuppler. Zudem ist größter Wert auf die Sauberkeit der optischen Verbindungen zu legen, denn bereits ein Fingerabdruck oder ein Staubkorn auf der Stirnfläche des Lichtwellenleiters kann unzulässige Dämpfungen erzeugen.

Deshalb ist etwas Messtechnik für die optischen Abschnitte des Verteilnetzes erforderlich. Eine Lichtquelle und ein op-

tisches Power-Meter würden für den Anfang vollauf genügen, um die optischen Strecken zu überprüfen (Abbildung 18). Wenn die beschriebene hybride Sat-ZF-Verteiltechnologie an Bedeutung gewonnen hat, wird optische Messtechnik sicherlich in die Rundfunkmessempfänger der Zukunft integriert werden. Ein erstes preiswertes Beispiel ist der Handheld-Signal-Analyzer Global Invacom OptiScan (Abbildung 19), der umfangreiche analoge und digitale Messungen an optisch-elektrischen Mischnetzen ermöglicht. Auch für das Ausrichten einer Antenne mit optischem LNB ohne Umweg über das elektrisch rückgewandelte Signal ist OptiScan ausgelegt. Sicherlich sind auch die Hersteller und Lieferanten von Satelliten-Empfangs- und -Verteiltechnik gefordert, die optische Sat-ZF-Verteiltechnik in ihre Schulungsprogramme aufzunehmen.

Zukunftsperspektive „Optisches IPTV“? Wenn man vor der Modulation die Programme eines Transponders digitalisiert und den Datenstrom auf den (oder die) optischen Träger moduliert, braucht der Laser dafür nur zwischen zwei Extremzuständen – Hell und Dunkel – hin und her geschaltet zu werden. Die Ansprüche an seine Linearität sind daher gering im Vergleich zu analog modulierten Lasern und entsprechend auch sein Preis. So lassen sich beispielsweise mit einer Kassette PHIS 1000 der Firma GSS (Grundig Sat Systems GmbH) zwei Transpondermultiplexe mit allen darin befindlichen DVB-S (SDTV) oder DVB-S2-Services (HDTV) in Programmdatenströme zur Verteilung über ein IP-Netz wandeln (Abbildung 20). Diese Technik gleicht daher einer Kanalaufbereitungsanlage oder der Kopfstelle eines größeren BK-Netzes mit dem Unterschied, dass als Ausgabeformat nicht PAL, QAM, QPSK oder COFDM benutzt wird, sondern eben das IPTV-Format. Dieses beschreibt einen nach den Regeln des Internetprotokolls formatierten Datenstrom, der – nach elektrisch-optischer Wandlung – über eine optische Ethernet-Verteilstruktur im Haus zu den Teilnehmerdosen transportiert wird. Hier muss er heute noch optisch-elektrisch rückgewandelt werden, da Flachbildschirme oder PCs mit optischen Netzwerkanschlüssen nicht auf dem Markt sind. Eine Zukunftsvision könnte daher die IP-Aufbereitung mit optischem Ausgang im Anschluss an die Empfangsantenne sein. Sie speist ein optisches Verteilnetz bis hin zum optischen Ethernet-Eingang des Flachbildschirms. Bei solchen IP-basierten Szenarien hätte das Koaxial-Kabel als gebäudeweites Transportmedium ausgedient.

Ausblick. Die quasi verlustfreie optische Übertragung der vollständigen Übertragungskapazität eines Satelliten wie Astra auf 19,2° Ost in Gestalt seiner vier Sat-ZF-Spektren via Glasfaser erlaubt völlig neue Verteilkonzepte. Sat-ZF-Verteilungen können jetzt problemlos mehrere Wohnblöcke mit Hunderten oder gar Tausenden von Wohnungen von einer gemeinsamen Sat-Antenne ausgehend wirtschaftlich versorgen. Eine Kanalaufbereitung ist nicht mehr erforderlich. Das senkt die Material- und Betriebskosten. Letztere sind nicht unbeträchtlich bei einer gut ausgebauten und rund um das Jahr in Betrieb befindlichen Kopfstelle. Die optische Sat-ZF-Verteilung lässt als Zukunftstechnologie noch viel erwarten. **ELV**