

**Heinrich-Hertz-Institut  
für Nachrichtentechnik  
Berlin GmbH**

Technischer Bericht Nr. 223

Einordnung des  
Breitband-Kommunikations-Systems  
mit optischen Kanälen

in den internationalen Stand  
der Entwicklung optischer  
Breitbandnetze

J.Saniter  
S.Yamada\*

Einordnung des im Heinrich-Hertz-Institut Berlin aufgebauten  
"Breitband-Kommunikations-Systems mit optischen Kanälen"  
in den internationalen Stand der Entwicklung optischer  
Breitbandnetze

Inhaltsangabe

Im Heinrich-Hertz-Institut Berlin (HHI) wurde ein komplexes Breitbandkommunikationssystem aufgebaut.

In dem vorliegenden Bericht wird ein Überblick über den weltweiten Stand der Entwicklung vergleichbarer Systeme gegeben und eine Einordnung des HHI-Systems vorgenommen. Aus erkennbaren Tendenzen werden Schlußfolgerungen für zukünftige Systeme gezogen.

Bearbeiter

*J. Saniter* i.V. *S. Yamada*  
(Dipl.-Ing. J.Saniter) (Dipl.-Ing. S.Yamada)

Wiss.-techn. Geschäftsführer

*C. Baack*  
(Prof.Dr.C.Baack)

Abteilungsleiter

*G. Heydt*  
(G.Heydt)

Einordnung des im  
Heinrich-Hertz-Institut Berlin  
aufgebauten

"Breitband-Kommunikations - Systems mit optischen Kanälen"

in den internationalen Stand der  
Entwicklung optischer Breitbandnetze

J.Saniter  
S.Yamada\*

Diese Arbeit entstand im Rahmen des Projektes TK 0415

\* Herr Yamada ist Mitarbeiter der "Nippon Telegraph &  
Telephone Public Corporation", Japan.  
Er war als Gastwissenschaftler im HHI vom 1.6.1982-30.11.1982  
tätig.

30.5.1983

Inhaltsverzeichnis

	Seite
Verzeichnis der verwendeten Abkürzungen	II-1
1. Einleitung	1
2. Das Breitbandkommunikationssystem im Heinrich-Hertz-Institut	4
2.1 Überblick	4
2.2 Das digitale System	5
2.2.1 Der Vermittlungsvorgang im digitalen System	6
2.2.2 Beurteilung spezieller Systemeigenschaften	9
2.3 Das analoge System	11
2.4 Zusammenfassung	12
3. Stichwortartige Darstellung optischer Breitband- kommunikationssysteme	13
3.1 Einleitung	13
3.2 Die Systeme im einzelnen	17
4. Tabellarische Übersicht	72
5. Auswertung der Systemübersicht	74
5.1 Überblick	74
5.2 Die Quellsignale	76
5.3 Signalverarbeitung	77
5.4 Modulation und Codierung der Signale	78
5.5 Elektrische Multiplexbildung	82
5.6 Elektro/optische Wandlung	84
5.7 Optische Multiplexbildung	85
5.8 Einordnung des digitalen HHI-Systems	87
5.9 Einordnung des analogen HHI-Systems	89

6. Zusammenfassung	90
7. Literaturverzeichnis und Zusammenstellung der Abbildungen	94
7.1 Literaturverzeichnis	95
7.2 Zusammenstellung der Abbildungen	103
7.3 Nachtrag: aktuelle Literaturangaben Jan. 83 - Okt. 83	

Verzeichnis der verwendeten Abkürzungen

AM	Amplitudenmodulation
AM-DSB	Amplitudenmodulation (Zweiseitenbandverfahren)
ANT	AEG-Telefunken-Nachrichtentechnik
APD	Avalanche Photodiode
ASK	Amplitude Shift Keying
AWI	Alternative Puls Width Inversion
BB	Breitband
Bif	Bild-Fernsprechen
Bi- $\phi$	Bi-Phase-Code
BIGFON	Breitbandiges integriertes Glasfaser-Fern- meldeortsnetz
CATV	Cable Television (Community antenna television)
CSELT	Centro Studie Laboratori Telecomunicazioni Torino (Italien)
Chrom.	Chrominanz
CMI	Code Mark Inversion
Dat.	Daten
DBP	Deutsche Bundespost
DM	Deltamodulation
DOTAN	Digitales integriertes optisches Teilnehmer- anschlußnetz
DPCM	Differenzielle Puls-Code-Modulation

FDM	Frequency division multiplexing
FI/FTZ	Forschungsinstitut beim Fernmeldetechnischen Zentralamt
FTZ	Fernmeldetechnisches Zentralamt
FM	Frequenz-Modulation
FSK	Frequency Shift Keying
Fsp.	Fernsprechen
GI-Faser	Graded Index Fiber
HDTV	High Definition Television
HHI	Heinrich-Hertz-Institut Berlin GmbH
Hi-Ovis	Higashi-Ikoma -Optical Visual Information System (Japan)
IM	Intensitäts-Modulation
IKB	Informationskennbit (Unterscheidung Signalisierung/Daten)
INS	Information Network System (Japan)
ISDN	Integrated Service Digital Network
KTV	Kabelfernsehen
LAN	Local Area Network
LD	Laser-Diode
LED	Light emitting diode
Lum.	Luminanz
MSLS	Multiservice Local System
NTT	Nippon Telegraph & Telephone Public Corporation

PAM	Puls-Amplituden-Modulation
PCM	Puls-Code-Modulation
PDM	Puls-Dauer-Modulation
PFM	Puls-Frequenz-Modulation
PIN	Photo-Diode mit pn-Übergang und zwischen- liegender Intrinsic Zone
PKI	Philips/TEKADE
PVD	Photovoltaic Detector
RS	Rahmensynchronwort
SAG	Siemens AG
SB	Schmalband
SDM	Space division multiplexing (Raummultiplex)
SI	Step Index Faser
S/R	Signal zu Rauschverhältnis
TDM	Time division multiplexing (Zeitmultiplex)
Tln.	Teilnehmer
VfE	Vorfeldeinrichtung (Breitbandvermittlung)
VHF	Very high frequency (Fernsehband)
WL	Wellenlänge
w1...n	Wellenlänge 1 bis n
WDM	Wavelength division multiplexing (Wellenlängen- multiplex)
5B/6B (7B/8B)	Codierverfahren: 5 (7) Datenbits werden zu einem 6 (8)-Bit-Wort umcodiert
$\lambda$ -Mux	Wellenlängenmultiplexer/-demultiplexer

## 1. Einleitung

In den Jahren 1976 - 1981 wurde im Heinrich-Hertz-Institut Berlin in Zusammenarbeit mit der deutschen nachrichtentechnischen Industrie ein komplexes Breitbandkommunikationssystem aufgebaut (Bild 1), das im wesentlichen gekennzeichnet ist durch:

- die ausschließliche Verwendung der Glasfaser als Übertragungsmedium
- den Einsatz sowohl digitaler als auch analoger optischer Breitbandübertragung
- den Einsatz dezentraler und zentraler Vermittlungstechnik
- die Integration der Dienste: Fernsprechen, Daten, Bildfernsprechen sowie Hörfunk und Fernsehverteilung in einem Netz /1/.

Das Experimentalsystem wurde 1981 fertiggestellt und hat seine volle Funktionsfähigkeit bewiesen. In einer anschließenden Phase der Systemauswertung war neben Langzeitmessungen und der Analyse des Systemkonzepts sowie einzelner Systemkomponenten /2/ die Einordnung des Gesamtsystems gegenüber vergleichbaren anderen Kommunikationssystemen ein Schwerpunkt der Arbeiten. Dieser Systemvergleich ist Gegenstand der Arbeit.

Bei diesem Systemvergleich mußte einerseits der Tatsache Rechnung getragen werden, daß die Zahl der installierten optischen Systeme auf weit über 200 geschätzt wird (/3/, Stand 1982), und andererseits, daß es kein System gibt, das in allen Systemeigenschaften dem HHI-System entspricht. Es mußten daher zunächst signifikante Systemcharacteristica festgelegt werden, anhand derer vergleichbare Systeme ausgewählt werden konnten. Für diese Auswahl wurden

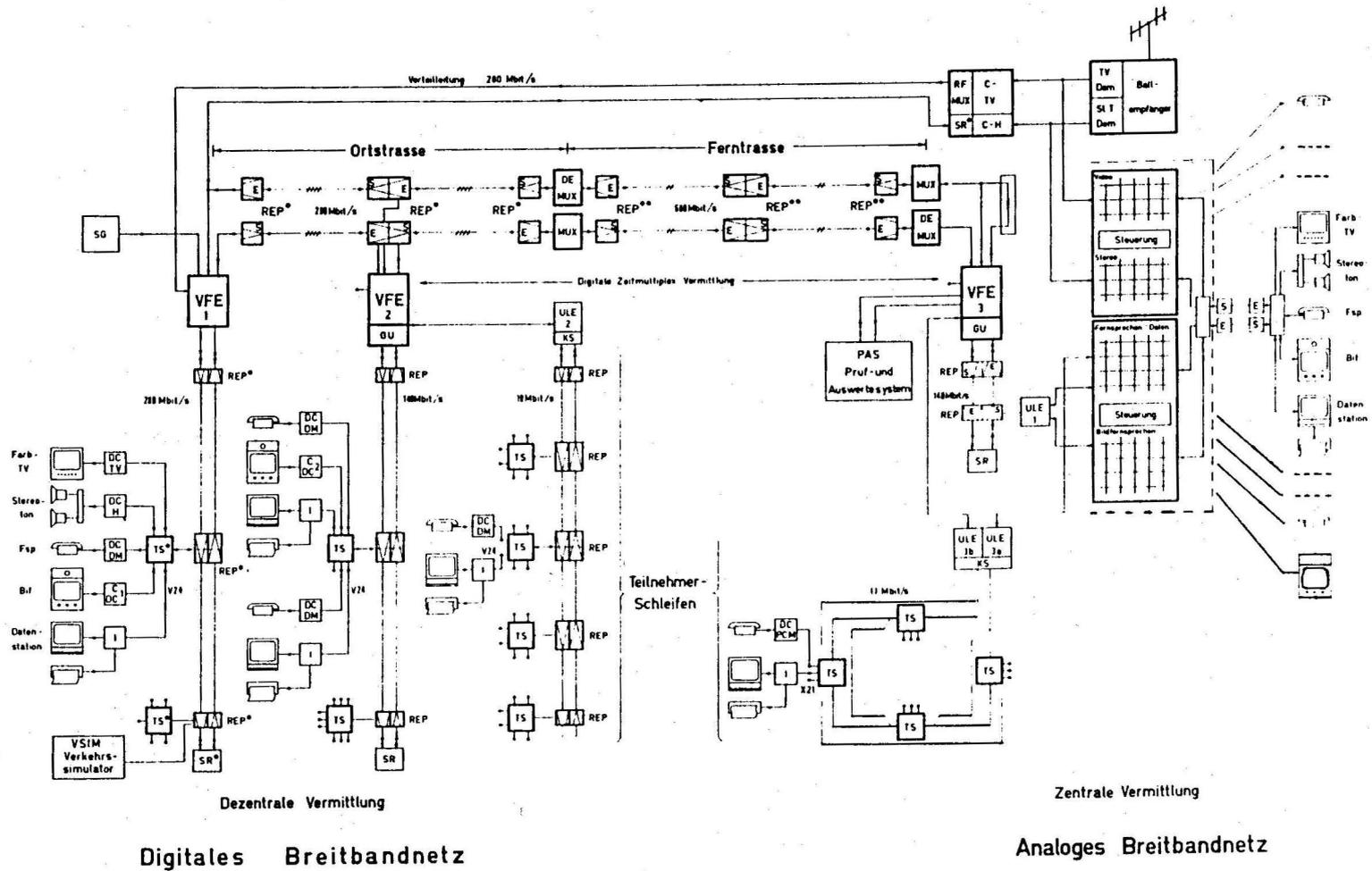


Bild 1: Das Experimentalsystem im Heinrich - Hertz - Institut Berlin (HHI)

die folgenden Systemeigenschaften zugrunde gelegt:

- Verwendung optischer Übertragung
- Netze für den Teilnehmerbereich
- Breitbandigkeit, d.h. geeignet für Bewegtbildübertragung.

Durch diese Auswahlkriterien entfallen reine Übertragungssysteme (z.B. Fernverbindungssysteme) und alle schmalbandigen Netze im Teilnehmerbereich (LAN's).

Neben den installierten Systemen wurden auch reine Systemvorschläge in den Vergleich mit einbezogen, sofern in diesen Vorschlägen interessante Ideen enthalten sind.

Besonders wurde die laufende, von der Deutschen Bundespost initiierte, BIGFON-Systementwicklung betrachtet, da hier für die Einführung öffentlicher Breitbandnetze richtungsweisende Lösungen entstehen können. Hierbei ergab sich allerdings die Schwierigkeit, daß bisher (Stand Dezember 1982) nur sehr wenige Veröffentlichungen über diese Systeme vorliegen (s. Nachtrag in Kap. 7.3).

Insgesamt wurden neben dem HHI-System 25 Systeme aus acht Ländern gefunden, die die oben aufgeführten Eigenschaften aufweisen und damit dem HHI-System gegenübergestellt werden können.

Um eine Einordnung des HHI-Netzes in dieses Umfeld vornehmen zu können, wird zunächst in Kap. 2 das HHI-System ausführlich dargestellt und eine Beurteilung seiner wesentlichen Eigenschaften vorgenommen.

In Kapitel 3 wird eine stichwortartige Zusammenfassung der wichtigsten Kenngrößen für jedes untersuchte System vorgenommen, und in Kapitel 4 werden alle diese Systeme in einer

Tabelle gegenübergestellt, die durch umfangreiche Literaturverweise ergänzt ist.

Abschließend werden in Kap. 5 einige Schlußfolgerungen gezogen, die sich aus der Gegenüberstellung ergeben.

## 2. Das Breitbandkommunikationssystem im Heinrich-Hertz-Institut

### 2.1 Überblick

Das Experimentalsystem setzt sich im wesentlichen aus einem analogen und einem digitalen Netz zusammen (Bild 1), die kompatibel miteinander verbunden sind und die beide dem Teilnehmer die Dienste Fernsprechen, Datenverkehr, Bildfernsprechen sowie TV- und Hörfunkverteilung gestatten (Bild 2). Da beide Netze sehr große Unterschiede aufweisen, erfolgt nachstehend eine getrennte Darstellung des analogen und des digitalen Systemteils.

Dienst		analoges Netz	digitales Netz			
Bandbreite		Bandbreite/Wandlung	Art der Wandlung	Abtastrate	Übertragungsrate	Zahl der Zeitplätze/Rahmen
Farb TV	5,5 MHz	5,5 MHz	Hybride DPCM (4 Bit)	12,288 MHz Lum. und 4,096 MHz Chr.	65,536 Mbit/s	1024
Bildfernsprechen	5,5 MHz	5,5 MHz	Hybride DPCM (4 Bit)	12,288 MHz Lum. und (4,096 MHz Chr.)	65,536 Mbit/s 49,152 Mbit/s	1024 (280.System) 768 (140.System)
Fernsprechen	3,4 kHz	3,4 kHz	Deltamod.	64 kHz	64 kbit/s	1
Stereo-Rundfunk-Verteilg.	15 kHz	15 kHz	PCM	32 kHz/Kanal	1,024 Mbit/s	16
Daten	1,2 kbit/s 9,6 kbit/s	1,2 kbit/s FSK	-	64 kHz	64 kbit/s	1

Bild 2: Dienste im analogen und digitalen Breitbandnetz

## 2.2 Das digitale System

Das digitale Netz besteht aus einzelnen Teilnehmerschleifen mit Übertragungsraten von 10 Mbit/s /4/, 17 Mbit/s /5/, 140 Mbit/s /6/ und 280 Mbit/s /7/. Die Teilnehmerschleifen sind über eine Ortstrasse (4 x 280 Mbit/s) und eine sogenannte Ferntrasse (2 x 560 Mbit/s) /8/ miteinander verbunden.

Gemäß den in Kap. 1 angeführten Vergleichskriterien beziehen sich die weiteren Ausführungen nur auf das "Breitbandsystem", d.h. die beiden 17 Mbit/s- und 10 Mbit/s-Teilnehmerschleifen werden hier nicht näher betrachtet.

Die Vermittlung in dem digitalen System erfolgt dezentral durch die Teilnehmerstationen. Die Teilnehmerstationen wurden in /9/ analysiert.

Das Prinzip der dezentralen Vermittlung ist im wesentlichen dadurch gekennzeichnet, daß

- jeder Teilnehmer den Gesamtverkehr seiner Netzebene empfängt und
- die Teilnehmerstation autonom die Vermittlungsfunktionen wahrnimmt, ohne daß es einer Zentrale bedarf.

Im Experimentalsystem wurde die dezentrale Vermittlung in einer einzigen Netzebene nur für Schmalbanddienste (64 kbit/s) realisiert. Bei einer Bewegtbildübertragung mit etwa 65 Mbit/s ist die dezentrale Vermittlung in e i n e r Hierarchieebene nur beschränkt möglich, da der Gesamtverkehr des gemeinsamen Übertragungspfad es aufgrund der maximalen Takt rate heutiger integrierter Bauelemente (ECL) auf ca. 300 Mbit/s begrenzt ist. Im Experimentalsystem wurden für die Bewegtbildübertragung (Bildfernsprechen) daher am Übergang der breitbandigen Teilnehmerschleifen zur Ortstrasse

als dezentrale Vorvermittlung sogenannte Vorfeldeinrichtungen (VfE) /10/ installiert, die nur die Video-Information für die Teilnehmer der nachfolgenden Teilnehmerschleife auskoppeln. Bezogen auf die Breitbanddienste bedeutet dies also ein Zwei-Ebenen-Netz mit dezentraler Vermittlung.

### 2.2.1 Der Vermittlungsvorgang im digitalen System

Bei dem digitalen Netz handelt es sich um ein vollsynchrones Zeitmultiplexsystem mit 34 Bit-Zeitschlitzten und 500  $\mu$ s Zeiträhmendauer. Der Zeitmultiplexrahmen (Bild 3) für das 280 Mbit/s-System besteht aus 4096 Zeitschlitzten, die in 4 Unterrahmen (Spalten) zusammengefaßt werden. Spalte 1 ist für die Schmalbanddienste und maximal 32 Hörfunkkanäle reserviert, in Spalte 2 wird ein Verteil-TV-Programm eingespeist und die Spalten 3 und 4 werden für Dialog-Bewegtbildübertragung verwendet.

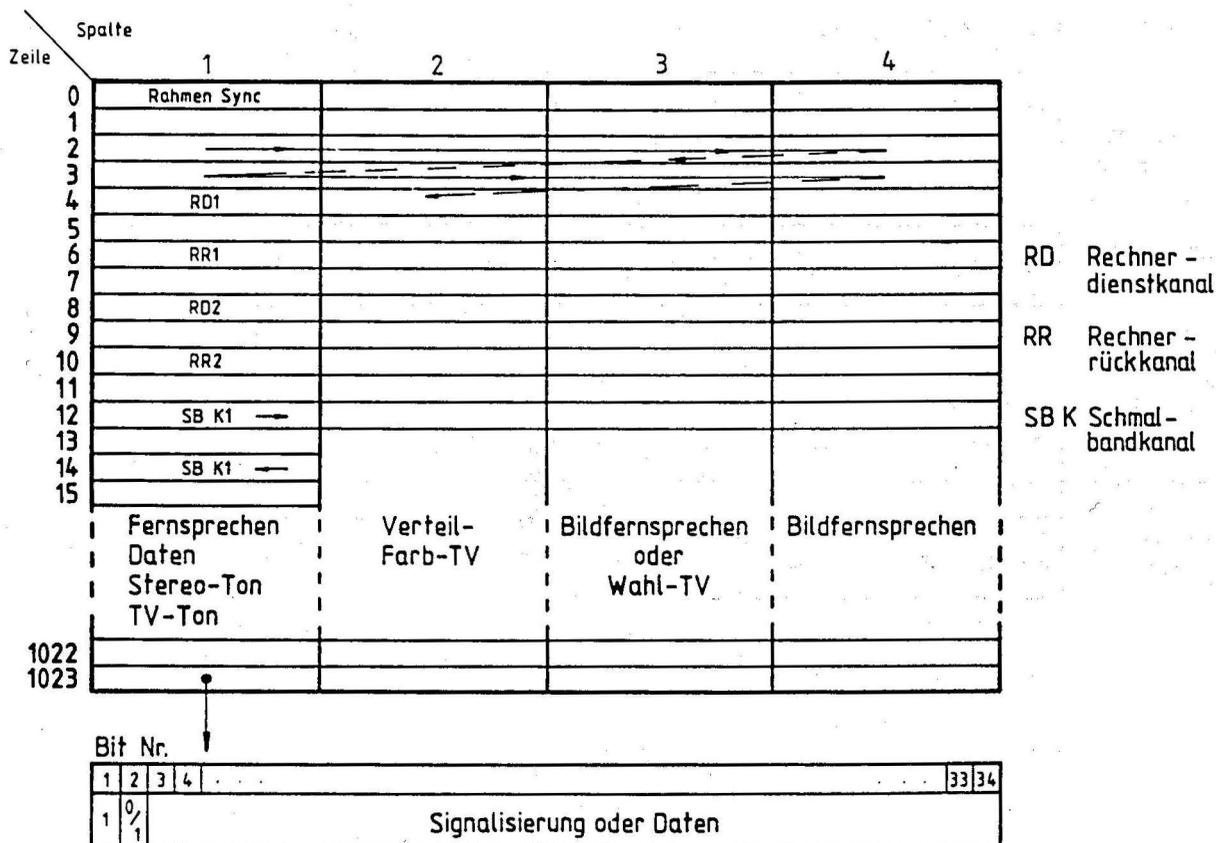


Bild 3 : Zeitmultiplex-Rahmen 280 Mbit/s (Teilnehmerschleife)

Ein Zeitschlitz (Bild 4) besteht zunächst aus einem festen Synchronisier-Bit und einem Kennbit (IKB), das die verbleibenden 32 Bit als Signalisier- oder Gesprächsdaten kennzeichnet. Die 32 Nutzbit ergeben bei einer Zeitrahmen-Wiederholhofrequenz von 2 kHz einen 64 kbit/s-Kanal.

Für den Verbindungsaufbau wird der gleiche Zeitschlitz wie für den Gesprächsdatenaustausch verwendet (in-slot-Signalisierung), zur Unterscheidung dient das 2. Bit des Zeitschlitzes (IKB).

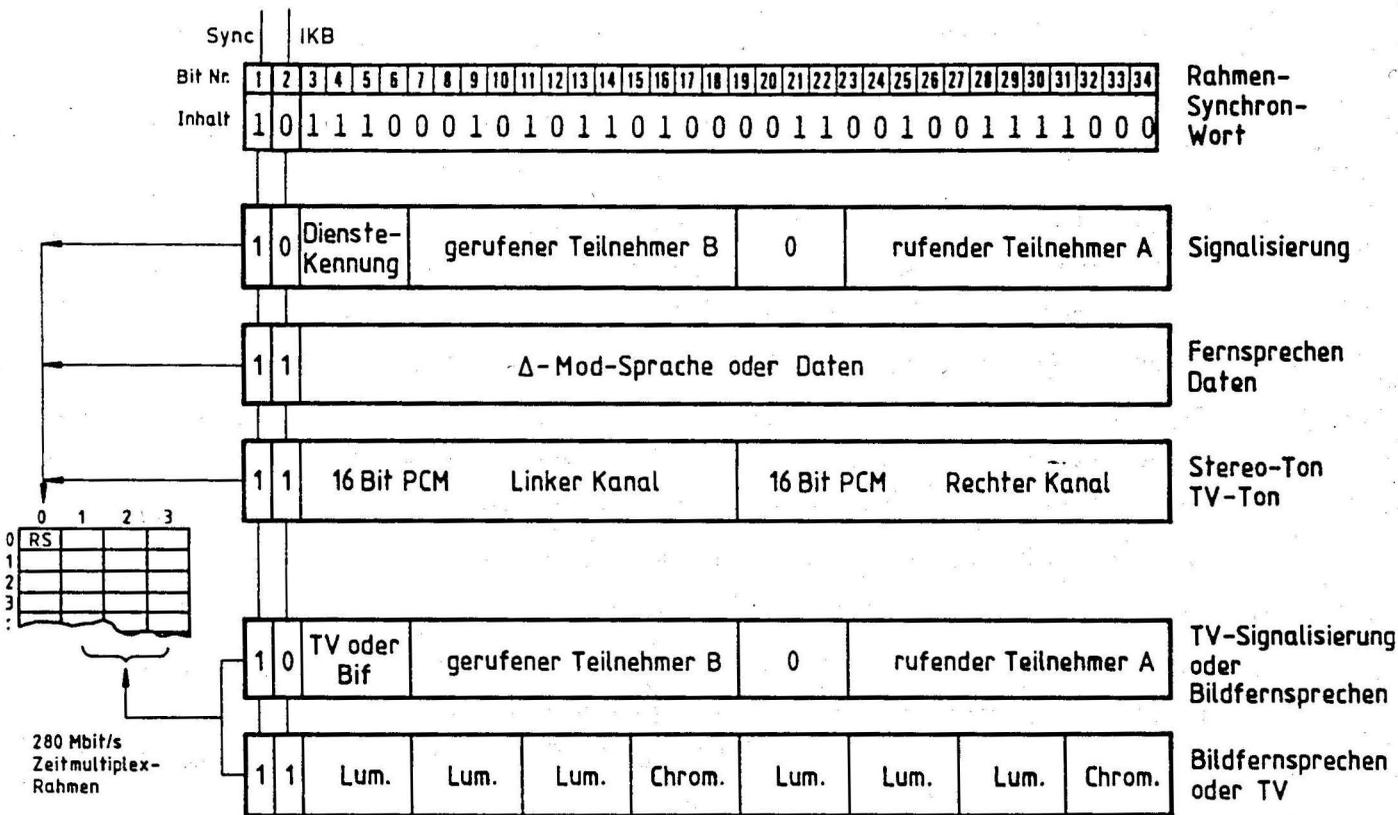


Bild 4: Zeitschlitz - Format

Ein Verbindungsaufbau im System mit dezentraler Vermittlung beginnt zunächst damit, daß der rufende Teilnehmer A einen unbelegten Zeitschlitz sucht, ihn mehrfach überprüft (um Kollisionen zu erkennen, werden hier Majoritätsprüfungen vorgenommen) und dann mit seiner Rufsignalisierung belegt. Diese besteht aus einer Spezifikation des gewünschten Dienstes (Dienstekennung), der Zieladresse (B) sowie der eigenen Absenderadresse (A) (Bild 4).

Sämtliche Teilnehmerstationen überwachen den Datenfluß auf für sie bestimmte Rufe. Erkennt der gerufene Teilnehmer (B) einen Ruf, wird die Zeitschlitz-Nummer registriert und auf einem zugeordneten Zeitschlitz eine Quittung, die aus Dienstekennung und den vertauschten Absender- und Zieladressen besteht, zurückgesendet (Bild 4). Damit liegt die Zeitlage für beide Teilnehmer für die Dauer der Verbindung fest.

Bei besetztem oder nicht vorhandenem Teilnehmer erfolgt ein Rufabbruch nach 800 ms (time out). Der Übergang in den Gesprächszustand erfolgt durch Wechsel des Kennbits bei Gerufenem und Rufendem, die Signalisierungsinformation wird durch Gesprächsdaten ersetzt (Bild 4). Der Gesprächsabbruch erfolgt dadurch, daß ein Teilnehmer das Senden einstellt. Der andere Teilnehmer erkennt den nunmehr freigewordenen Zeitschlitz und stellt seinerseits das Senden ein. Damit ist die Verbindung ausgelöst.

Hervorzuheben ist, daß Kollisionen nur während der Verbindungsaufbauphase möglich sind.

Eine ausführliche Darstellung und Wertung der Signalisierung wurde in /11/ vorgenommen.

### 2.2.2 Beurteilung spezieller Systemeigenschaften

Das im Heinrich-Hertz-Institut erstellte digitale Experimentalsystem, in dem schmal- und breitbandige Dienste gemeinsam dezentral vermittelt werden, hat auch bei hohen Datenübertragungsraten (280 Mbit/s) seine volle Funktionsfähigkeit bewiesen. Dennoch gibt es aus heutiger Sicht einige Punkte, die kritisch zu sehen sind.

Das Prinzip der dezentralen Vermittlung ist für Breitbanddienste (Bildfernsprechen, TV mit etwa 70 Mbit/s) ungeeignet, da schon bei wenigen Breitband-Teilnehmern eine Summenübertragungsrate entsteht, die von den heute zur Verfügung stehenden Übertragungssystemen nicht verarbeitet werden kann. Weitergehende Untersuchungen über Anwendbarkeit der dezentralen Vermittlung wurden in /12/ durchgeführt.

Die Netzstruktur des digitalen HHI-Systems ist als Liniennetz ausgeführt. Das hat zur Folge, daß ein Defekt in einer einzigen Ein-/Auskoppelstelle oder ein Faserbruch einem Systemausfall gleichkommen kann. Dieses dürfte - neben der Frage der Abhörsicherheit bei der dezentralen Vermittlung - der Hauptgrund sein, weshalb für öffentliche Netze nur Sternstrukturen im Teilnehmerbereich gebaut werden.

Die Art der Diensteintegration, die im Experimentalsystem realisiert wurde (Bild 2 und 3), erwies sich nicht nur aufgrund der starken Ungleichverteilung der Kanäle für die einzelnen Dienste als wenig zweckmäßig (2 Bildfernsprechkanäle gegenüber 253 Schmalbandkanälen), sondern erschwerte auch die Realisierung der dezentralen Vermittlung.

Die Integration von 64 kbit/s-Kanälen und Bewegtbild-Kanälen mit der mehr als 1000fachen Bandbreite (65 Mbit/s) in einem gemeinsamen Zeitmultiplexrahmen bedeutet für eine dezentral vermittelnde Teilnehmerstation einen verhältnismäßig hohen Aufwand an schneller Elektronik für die Abwicklung nur schmalbandiger Dienste. Abhilfe schafft hier die Trennung dieser Dienstekategorien, wobei sich mit der optischen Wellenlängen-Multiplextechnik (WDM) eine vielversprechende Möglichkeit bietet /13/.

Die in dem digitalen Netz verwendete "Inband"-Signalisierung hat den prinzipiellen Nachteil, daß keine gleichzeitige Übertragung von Signalisier- und Nutzinformation möglich ist. Dafür entfällt die zusätzliche Übermittlung der Zeitplatzlage des Nutzkanals, die bei einem zentralen Signalisierkanal notwendig wäre.

Solange freie Nutzkanäle im System vorhanden sind, erfolgt die Signalisierung unmittelbar nach Beendigung der Wahl. Eine Verzögerung, die bei einem zentralen Signalisierkanal dadurch möglich ist, daß dieser von anderen Teilnehmern belegt ist, kann nicht auftreten. Als sehr vorteilhaft hat sich in dem realisierten Experimentalsystem der dadurch mögliche schnelle Verbindungsaufbau in weniger als 5 ms erwiesen. Wendet man dieses "fast circuit switching" beispielsweise für die Datenübertragung an, so bedeutet dies eine ernstzunehmende Alternative zu Systemen mit Paketvermittlung.

Weitere Ausführungen zu der Signalisierung finden sich in /11/.

### 2.3 Das analoge System

Das analoge Netz besteht aus einer zentralen Vermittlung für die Dialogdienste Fernsprechen, Daten und Bildfernsprechen, sowie einer separaten TV- und Stereo-Verteilanlage (Bild 23). An diese Vermittlungseinrichtungen sind die Teilnehmer sternförmig angeschlossen. Ein Teilnehmer ist über eine breitbandige optische Teilnehmeranschlußleitung (1,5 km) mit der Zentrale verbunden.

3 TV-Kanäle, ein Bildfernsprechkanal (alle amplitudenmoduliert) und 6 FM-Tonkanäle im UKW-Band (88 - 108 MHz) werden im Frequenzmultiplex zum Teilnehmer übertragen, in umgekehrter Richtung - vom Teilnehmer zur Zentrale - werden 3 FM-modulierte Tonkanäle und ein AM-modulierter Bildkanal im Basisband übertragen (Bild 5).

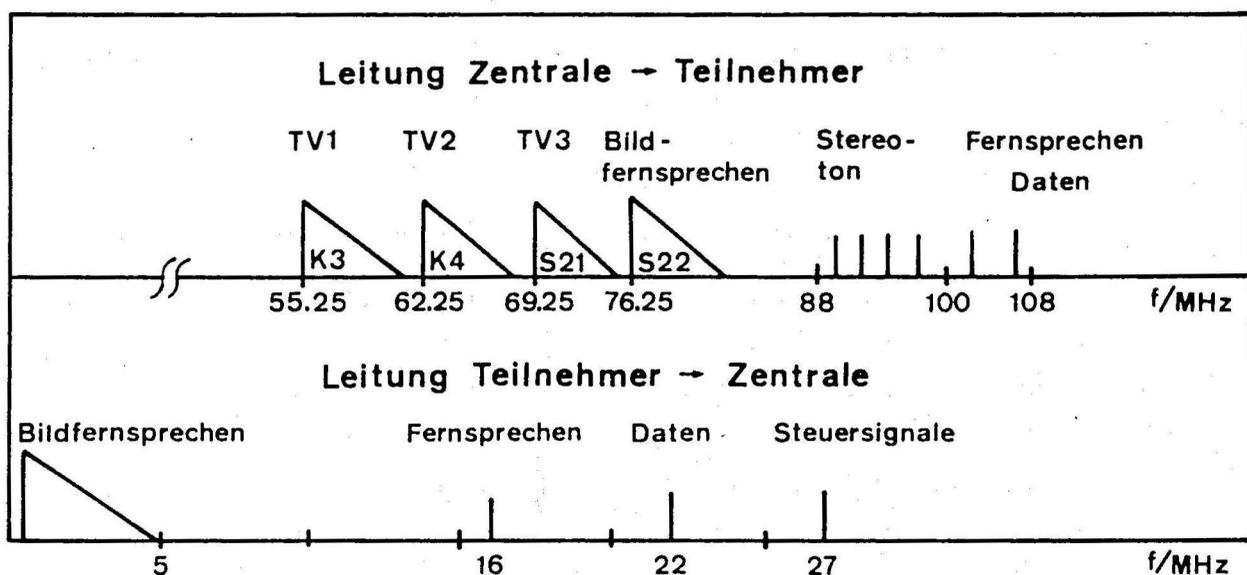


Bild 5: Frequenzplan der analogen optischen Teilnehmerleitung

Eine Wertung der Systemeigenschaften des analogen Netzes kann dahingehend zusammengefaßt werden, daß die Qualität der analogen optischen Teilnehmeranschlußleitung für den vorliegenden Anwendungsfall als insgesamt unbefriedigend gelten muß. Als besonders kritisch hat sich die gleichzeitige Übertragung von 4 AM-modulierten Bildkanälen und 6 UKW-Stereoton Kanälen erwiesen, da der in der Norm geforderte Videostörspannungsabstand kaum erreicht wird.

Eine ausführliche Analyse des Analog-Systems wird in /14/ vorgenommen (s.a. Nachtrag in Kap. 7.3).

#### 2.4 Zusammenfassung

Es wurde dargelegt, daß es zu dem im Heinrich-Hertz-Institut aufgebauten "Breitbandkommunikationssystem mit optischen Kanälen" weltweit kein d i r e k t vergleichbares System gibt. Es besteht daher nur die Möglichkeit, die Systeme anhand einzelner charakteristischer Eigenschaften zu vergleichen. Zur Beschränkung der Vielzahl der Systeme wurden nur solche herangezogen, die:

- optische Übertragung einsetzen,
- für den Teilnehmerbereich vorgesehen sind,
- für Bewegtbildübertragung geeignet sind.

Um den Vergleich vorzubereiten, wurde in Kap. 2.2 eine kurzgefaßte Beschreibung des digitalen und in Kap. 2.3 des analogen HHI-Systems gegeben. Diese Beschreibungen wurden ergänzt durch eine Wertung spezieller Systemeigenschaften.

Hierbei wurden im digitalen Systemteil die dezentrale Vermittlung, die Netzstruktur (Liniennetz) und die Dienstintegration kritisch beurteilt, wohingegen sich die Signalisierverfahren ebenso wie die elektronischen Vermitt-

lungseinrichtungen trotz der hohen Bitraten (280 Mbit/s) als sehr zuverlässig erwiesen haben.

Im analogen Systemteil hat sich die gleichzeitige Übertragung von 4 AM-Bildkanälen und 6 FM-Stereo-Tonkanälen über eine breitbandige analoge optische Teilnehmeranschlußleitung als qualitativ ungenügend erwiesen.

### 3. Stichwortartige Darstellung optischer Breitbandkommunikationssysteme

#### 3.1 Einleitung

Wie schon in Kap.1 erwähnt, wurden nur breitbandige (d.h. für Bewegtbildübertragung geeignete) optische Netze der Teilnehmerebene untersucht.

In Kap. 2 wurde ausgeführt, daß das HHI-Experimentalsystem aus einem analogen und einem digitalen Teilsystem besteht, das jedes für sich auch autonom voll funktionsfähig ist. Beide Teilsysteme sind kompatibel miteinander verbunden, weisen jedoch von der Struktur und der Organisation her so große Unterschiede auf, daß eine getrennte Darstellung zweckmäßig ist.

Aufgrund der angeführten Auswahlkriterien wurden neben den beiden HHI-Systemen 25 Systeme gefunden, denen allen gemeinsam ist, daß es sich um Versuchssysteme handelt. Kommerziell vertriebene Systeme wurden nicht gefunden.

Bei diesen 27 Versuchssystemen gibt es ganz beträchtliche Unterschiede

- in der Größe (Einzelanschluß bis > 1000 Teilnehmern)

- in der Art des Versuches (Laborsystem, Feldversuch, nur Systemvorschlag)
- im Dienstangebot (Breitband Dialog/Verteilung usw.).

Darüber hinaus unterscheiden sich die Systeme grundsätzlich in mehr technologischen Punkten wie zum Beispiel:

- analoge oder digitale optische Übertragung
- Verwendung von Wellenlängenmultiplex-techniken
- Bitraten bzw. Bandbreite der Teilnehmeranschlußleitung
- uni- bzw. bidirektionale Übertragung über die Faser.

Bei den nachfolgenden Systembeschreibungen wurde versucht, diesen Unterschieden dadurch Rechnung zu tragen, daß die Systeme grob klassifiziert wurden nach:

- optischer Übertragung
- Dienstangebot
- Versuchstyp.

Danach wurde - wie in Bild 6 wiedergegeben - die Reihenfolge der Systembeschreibungen festgelegt. Dadurch wurde erreicht, daß einander ähnliche Systeme aufeinanderfolgend dargestellt werden konnten.

Die Information über die hier zum Vergleich angeführten Systeme wurde überwiegend aus der Literatur gewonnen. Hierbei ergab sich trotz der sehr umfangreichen Literatur (neben Übersichtsaufsätzen und theoretischen Beiträgen wurden 58 direkt die Systeme betreffende Veröffentlichungen ausgewertet, s. Kap. 7.1) gerade bei den neueren BIGFON-Systemen die große Schwierigkeit, daß es über diese Systeme bisher (Dez. 1982) kaum detaillierte Veröffentlichungen gibt.

Untersuchte Systeme :

- breitbandig ( > 30 Mbit/s bzw. 2 MHz )
- optische Übertragung
- Teilnehmerebene ( 27 )\*

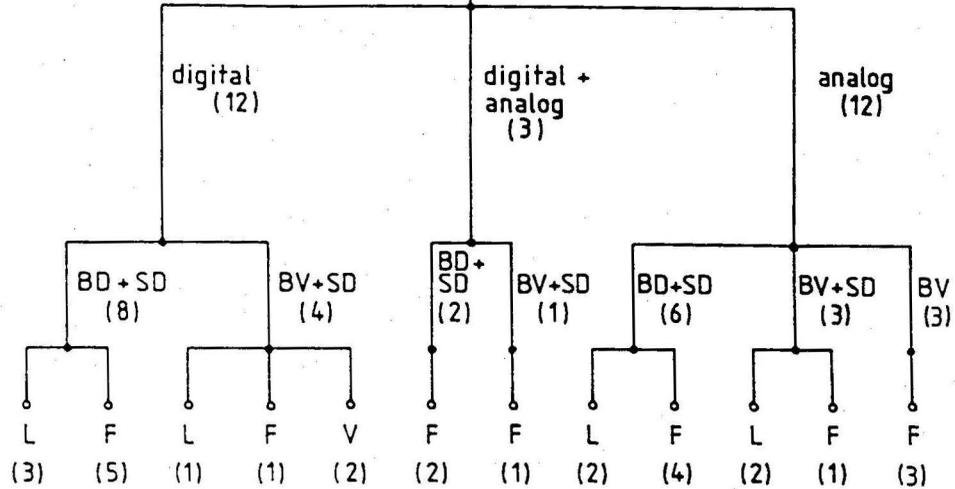
Optische Übertragung :

Dienstangebot :

- Breitband - Dialog - BD
- Breitband - Verteilung - BV
- Schmalband - Dialog - SD

Versuchstyp :

- Laborsystem - L
- Feldversuch - F
- Systemvorschlag - V



\* Angaben in ( ) : Anzahl der Systeme

Bild 6: Systemauswahl und Anordnung der Listen bzw. Strukturierung der Tabelle

Die nachfolgenden Systembeschreibungen (Kapitel 3.2) sind so aufgebaut, daß zuerst äußere Systemmerkmale wie Name, Aufstellungsort usw. angegeben werden. Danach folgt eine Rubrik, in der die dem Teilnehmer zur Verfügung stehenden Dienste beschrieben sind.

Der technische Teil der Systembeschreibung beginnt mit der Vermittlung und der Netztopologie. Danach folgen Angaben über die Übertragung auf der Teilnehmeranschlußleitung. Von einer digitalen optischen Übertragung wird dann gesprochen, wenn die über einen optischen Kanal zu übertragenden Signale ausschließlich digital sind und

im Zeitmultiplex übertragen werden. Dagegen wird von einer analogen optischen Übertragung gesprochen, wenn einzelne Signale analog sind und im Frequenzmultiplex übertragen werden und zwar auch dann, wenn in dem Frequenzmultiplexsystem digitale Signale mitübertragen werden. Diese "hybriden" Systeme sind dadurch kenntlich gemacht, daß bei der "elektrischen Modulation" die Angabe "analog/digital" folgt.

Über die Art, wie der Lichtwellenleiter als Übertragungskanal genutzt wird, geben die nächsten 2 Zeilen Auskunft. Unterschieden wird die Nutzung in ein oder zwei Richtungen und ob Wellenlängenmultiplexen angewendet wird.

Angaben über die elektrische Multiplexbildung und die Bandbreite der Summensignale schließen den Bereich der Übertragung ab.

Der nächste Teil der Systembeschreibungen faßt die Codierung bzw. Modulation der Übertragungsstrecke und der Einzelsignale zusammen.

Unter der Rubrik "Optik" werden - sofern verfügbar - Angaben über die Sender/Empfänger, die Faser und die beim Wellenlängenmultiplexen verwendeten Lichtwellenlängen gemacht.

Die Systembeschreibungen werden abgeschlossen durch kurz gefaßte Angaben über besondere Merkmale der Systeme.

Zum besseren Verständnis werden die einzelnen Systembeschreibungen jeweils durch ein Blockschaltbild ergänzt. Dabei wurde auf Darstellungen aus der Literatur zurückgegriffen. Sofern diese unvollständig waren bzw. ergänzender Erklärungen bedurften, wurde eine eigene Darstellung gewählt.

### 3.2 Die Systeme im einzelnen

Systemname : Heinrich-Hertz-Institut Digital-System		Installationsort : Berlin, Deutschland		Versuchstyp : Laborsystem													
Hauptanwendung : Breitband Dialog/Verteilung Schmalband Dialog		Zeiten : Planung : 1974 Baubeginn : 1976 Fertigstellung : 1981		Zahl der Teilnehmer : 6 + 4 Externverbindungen													
Dienste - Angebot und Zahl der Kanäle beim Teilnehmer :		<input checked="" type="checkbox"/> TV - Verteilung : 1 aus 1 (Erweiterung möglich) <input checked="" type="checkbox"/> Bildfernsehen : 1 <input checked="" type="checkbox"/> Rundfunk Vert. : 1 aus 4 (erweiterbar bis 32) <input checked="" type="checkbox"/> Fernsprechen : Fernsprechen + Rückfrage gleichzeitig <input checked="" type="checkbox"/> Daten : bis 64 kbit/s <input type="checkbox"/> Sonstiges :															
Vermittlung :		dezentral durch die Teilnehmerstationen		Netzstruktur : Linien-Netz 2 Hierarchieebenen für Breitband													
Übertragung :		opt. Modulat.-Verfahren elektr. Modulat.-Verfahren uni-/bidirekt. Übertragung opt. Wellenlängenmultiplex elektr. Multiplexen Bitrate / Bandbreite		<table border="1"> <tr> <td>Zentrale → Teilnehmer</td> <td>Teilnehmer → Zentrale</td> </tr> <tr> <td>digital</td> <td>digital</td> </tr> <tr> <td>digital</td> <td>digital</td> </tr> <tr> <td colspan="2">unidirektional</td> </tr> <tr> <td colspan="2">nein</td> </tr> <tr> <td>Zeitmultiplexrahmen 280 Mbit/s (140 Mbit/s)</td> <td>Zeitmultiplexrahmen 280 Mbit/s (140 Mbit/s)</td> </tr> </table>		Zentrale → Teilnehmer	Teilnehmer → Zentrale	digital	digital	digital	digital	unidirektional		nein		Zeitmultiplexrahmen 280 Mbit/s (140 Mbit/s)	Zeitmultiplexrahmen 280 Mbit/s (140 Mbit/s)
Zentrale → Teilnehmer	Teilnehmer → Zentrale																
digital	digital																
digital	digital																
unidirektional																	
nein																	
Zeitmultiplexrahmen 280 Mbit/s (140 Mbit/s)	Zeitmultiplexrahmen 280 Mbit/s (140 Mbit/s)																
Codierung / Bandbreiten :		Übertragungsstrecke TV/Bildfernsehen Rundfunk Fernsprechen Daten Sonstiges		<table border="1"> <tr> <td>Zentrale → Teilnehmer</td> <td>Teilnehmer → Zentrale</td> </tr> <tr> <td>Scrambler, teilw. 5B/6B DPCM 65,536 Mbit/s 1,024 Mbit/s</td> <td>Scrambler, teilw. 5B/6B DPCM 65,536 Mbit/s -</td> </tr> <tr> <td>64 kbit/s; Deltamod. bis 64 kbit/s</td> <td>64 kbit/s; Deltamod. bis 64 kbit/s</td> </tr> </table>		Zentrale → Teilnehmer	Teilnehmer → Zentrale	Scrambler, teilw. 5B/6B DPCM 65,536 Mbit/s 1,024 Mbit/s	Scrambler, teilw. 5B/6B DPCM 65,536 Mbit/s -	64 kbit/s; Deltamod. bis 64 kbit/s	64 kbit/s; Deltamod. bis 64 kbit/s						
Zentrale → Teilnehmer	Teilnehmer → Zentrale																
Scrambler, teilw. 5B/6B DPCM 65,536 Mbit/s 1,024 Mbit/s	Scrambler, teilw. 5B/6B DPCM 65,536 Mbit/s -																
64 kbit/s; Deltamod. bis 64 kbit/s	64 kbit/s; Deltamod. bis 64 kbit/s																
Optik :		Faser : GI-Faser (5,2 dB/km) bis 4,5 km Sender : V-Nut-Laser Empfänger : PIN-Dioden λ-Mux : nein															
<b>Besonderheiten / Anmerkungen :</b> Funktions- und Technologieversuch für ein zentral getaktetes synchrones Netz mit dezentraler Vermittlung. Neben der Erprobung der optischen Übertragung bei 140 Mbit/s, 280 Mbit/s und 560 Mbit/s sollte Erfahrung mit der dezentralen Vermittlung in einem Liniennetz (Bus-System) gesammelt werden. Erstes breitbandiges Digitalnetz in Deutschland. Damit einer der Vorläufer zu den BIGFON-Feldversuchen der Deutschen Bundespost. Anschluß an das HHI-Analog-System" mit Kompatibilität der Dienste.																	

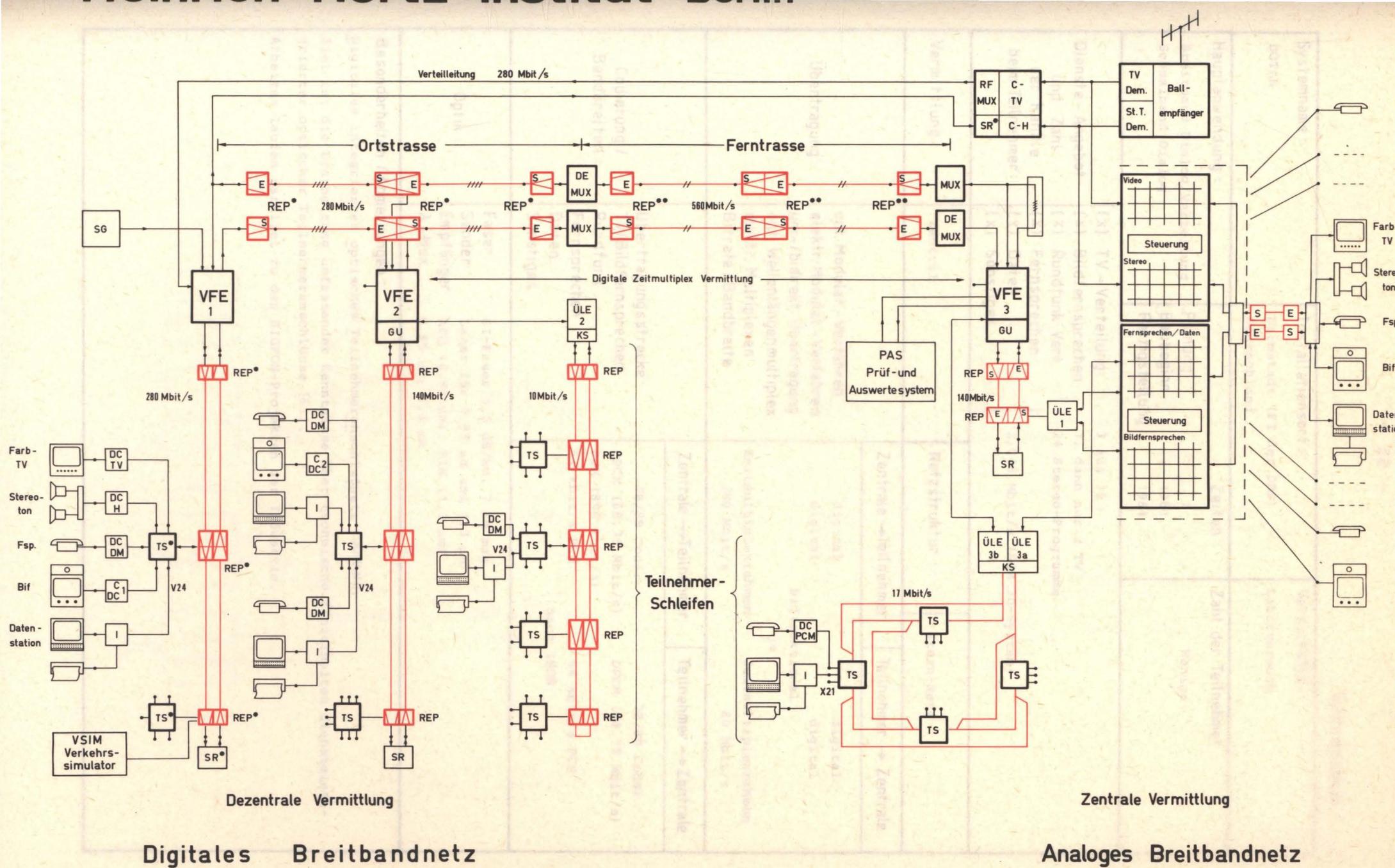


Bild 7: Das Digital-System im Heinrich-Hertz Institut Berlin (mit analogem Netz)

Systemname : DOTAN		Installationsort : Darmstadt (FI der DBP) Deutschland		Versuchstyp : Laborversuch	
Hauptanwendung : Breitband Dialog/Verteilung Schmalband Dialog		Zeiten : Planung : ? Baubeginn : 1981 Fertigstellung : 1984		Zahl der Teilnehmer : Wenige	
Dienste - Angebot und Zahl der Kanäle beim Teilnehmer :		(x) TV - Verteilung : 3 aus 15 (x) Bildfernsprechen : 1, dann nur 2 TV (x) Rundfunk Vert. : 24 Stereo-Programme (x) Fernsprechen : ) (x) Daten : 2,048 Mbit/s (PCM 30-System) (x) Sonstiges : )			
Vermittlung :		Zentral		Netzstruktur : Stern-Netz	
Übertragung :		opt. Modulat.-Verfahren elektr. Modulat.-Verfahren uni./bidirekt. Übertragung opt. Wellenlängenmultiplex elektr. Multiplexen Bitrate / Bandbreite		Zentrale → Teilnehmer      Teilnehmer → Zentrale digital                                  digital digital                                  digital bidirektional ja Zeitmultiplexrahmen      Zeitmultiplexrahmen 280 Mbit/s                          80 Mbit/s	
Codierung / Bandbreiten :		Übertragungsstrecke TV/Bildfernsprechen Rundfunk Fernsprechen Daten Sonstiges		Zentrale → Teilnehmer      Teilnehmer → Zentrale 7B/8B Coder                          7B/8B Coder DPCM (68,75 Mbit/s)                  DPCM (68,75 Mbit/s) PCM (896 kbit/s)                          - 64 kbit/s PCM                          64 kbit/s PCM nach ISDN	
Optik :		Faser : GI-Faser 1,5 dB/km, 7 km max Sender : Laser für 0,85 µm und 1,3 µm Empfänger : APD (0,85 µm); PIN (1,3 µm) λ-Mux : 0,85 µm; 1,3 µm			
Besonderheiten / Anmerkungen : <u>D</u> igitales integriertes <u>o</u> ptisches <u>T</u> eilnehmer <u>a</u> nschlu <u>ß</u> netz (DOTAN). Ziel ist die Erarbeitung umfassender Kenntnisse über technische Einzelheiten diensteintegrierter optischer Teilnehmeranschlüsse [63]. Arbeiten laufen parallel zu den BIGFON-Projekten der Industrie.					

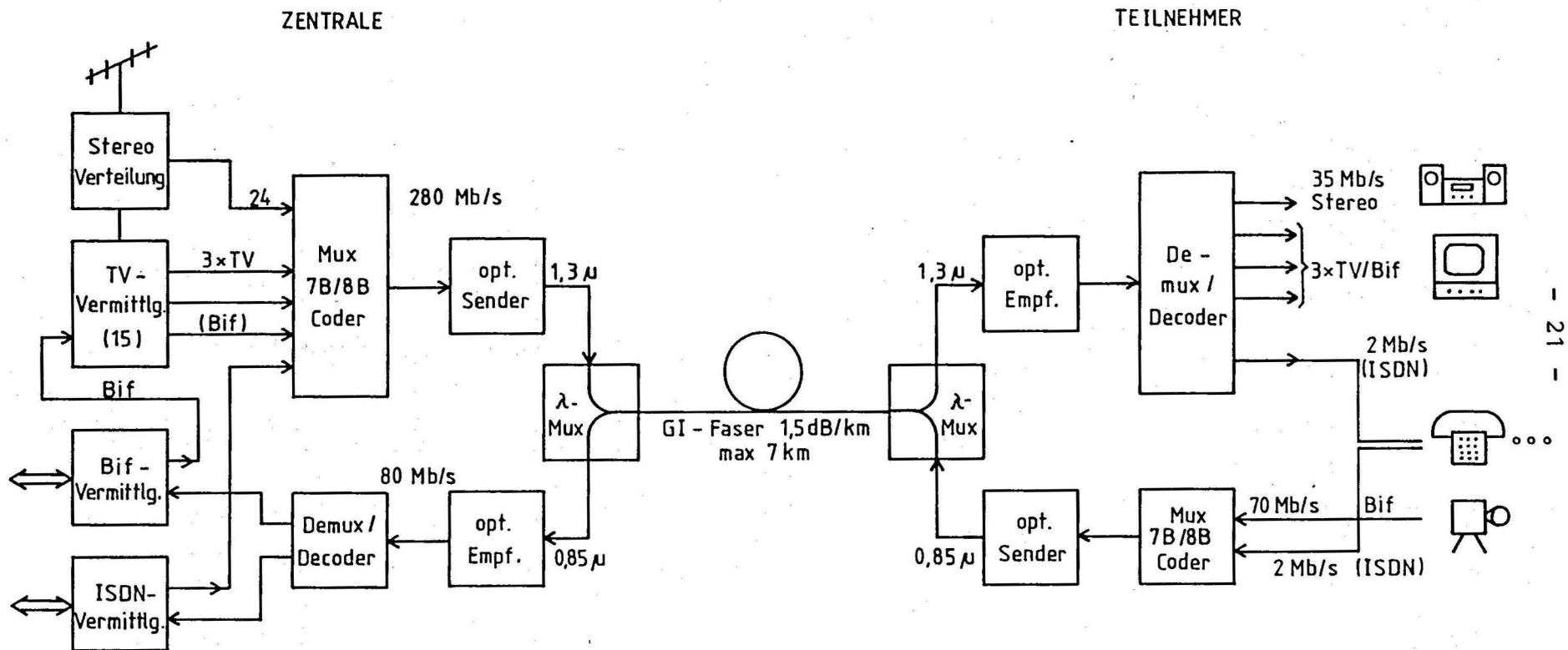


Bild 8: DOTAN nach /63/ (Sporleder et al.)



ZENTRALE

TEILNEHMER

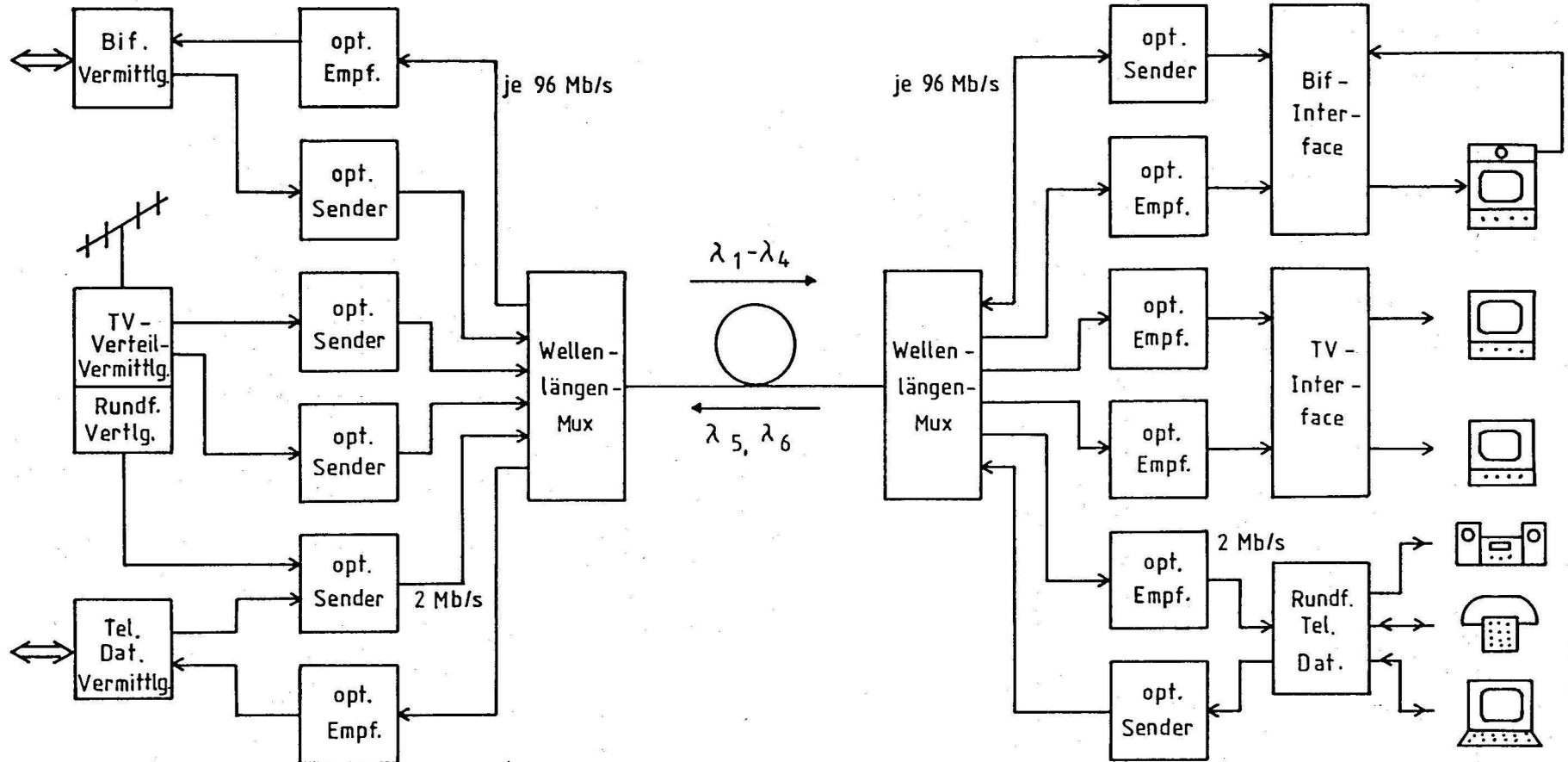


Bild 9: SAFO-Projekt

Systemname : BIGFON (AEG)		Installationsort : Düsseldorf, Hannover, Deutschland		Versuchstyp : Feldversuch	
Hauptanwendung : Breitbandiges integriertes Glasfaser-Fernmeldeortsnetz Breitband Dialog Schmalband Dialog		Zeiten : Planung : 1980 Baubeginn : 1981 Fertigstellung : 1983		Zahl der Teilnehmer : 30 je System, davon je 6 mit Bildfernsprechen	
Dienste - Angebot und Zahl der Kanäle beim Teilnehmer :		(x) TV - Verteilung : 3 TV aus 12 Quellen (x) Bildfernsprechen : 1, dann 2 TV (x) Rundfunk Vert. : 32 Stereo-Programme (x) Fernsprechen : (x) Daten : } zusammen 8 Kanäle à 64 kbit/s (x) Sonstiges : }			
Vermittlung :		Zentral digitales Raumkoppelfeld TV: 16 x 16 einstufig	Netzstruktur :		Stern-Netz
Übertragung :		opt. Modulat.-Verfahren elektr. Modulat.-Verfahren uni-/bidirekt. Übertragung opt. Wellenlängenmultiplex elektr. Multiplexen Bitrate / Bandbreite		Zentrale → Teilnehmer	Teilnehmer → Zentrale
				digital digital unidirektional versuchsweise Zeitmultiplexrahmen 280 Mbit/s	digital digital Zeitmultiplexrahmen 140 Mbit/s (512 kbit/s)
Codierung / Bandbreiten :		Übertragungsstrecke TV/Bildfernsprechen Rundfunk Fernsprechen Daten Sonstiges		Zentrale → Teilnehmer	Teilnehmer → Zentrale
				digital, 280 Mbit/s 68,736 Mbit/s DPCM, CMI 896 kbit/s (14 bit lin) 64 kbit/s PCM 64 kbit/s	digital, 140 Mbit/s 64 kbit/s PCM 64 kbit/s
Optik :		Faser : GI (3,5 dB/km) max 6 km Sender : V-Nut-Laser 850 nm Empfänger : PIN < 3 km; APD > 3 km λ-Mux : (0,85 μm; 1,3 μm)			
Besonderheiten / Anmerkungen : Das AEG-Konzept sieht neben der unidirektionalen Übertragung auch 4 Anschlüsse mit bidirektionaler Übertragung bei Verwendung von 2 Wellenlängen (850 nm, 1,3 μm) vor. Teilnehmer ohne Bif erhalten nur schmalbandigen Rückkanal (512 kbit/s - 2 Mbit/s). Die elektro-optischen Wandler haben jeweils separate Schmal- und Breitbandeingänge. Damit können besonders bei Spannungsausfall beim Teilnehmer alle breitbandigen Komponenten abgeschaltet werden. Batteriebetrieb von ca. 20 Std. (davon ca. 4 Std. aktiv) ist gewährleistet.					

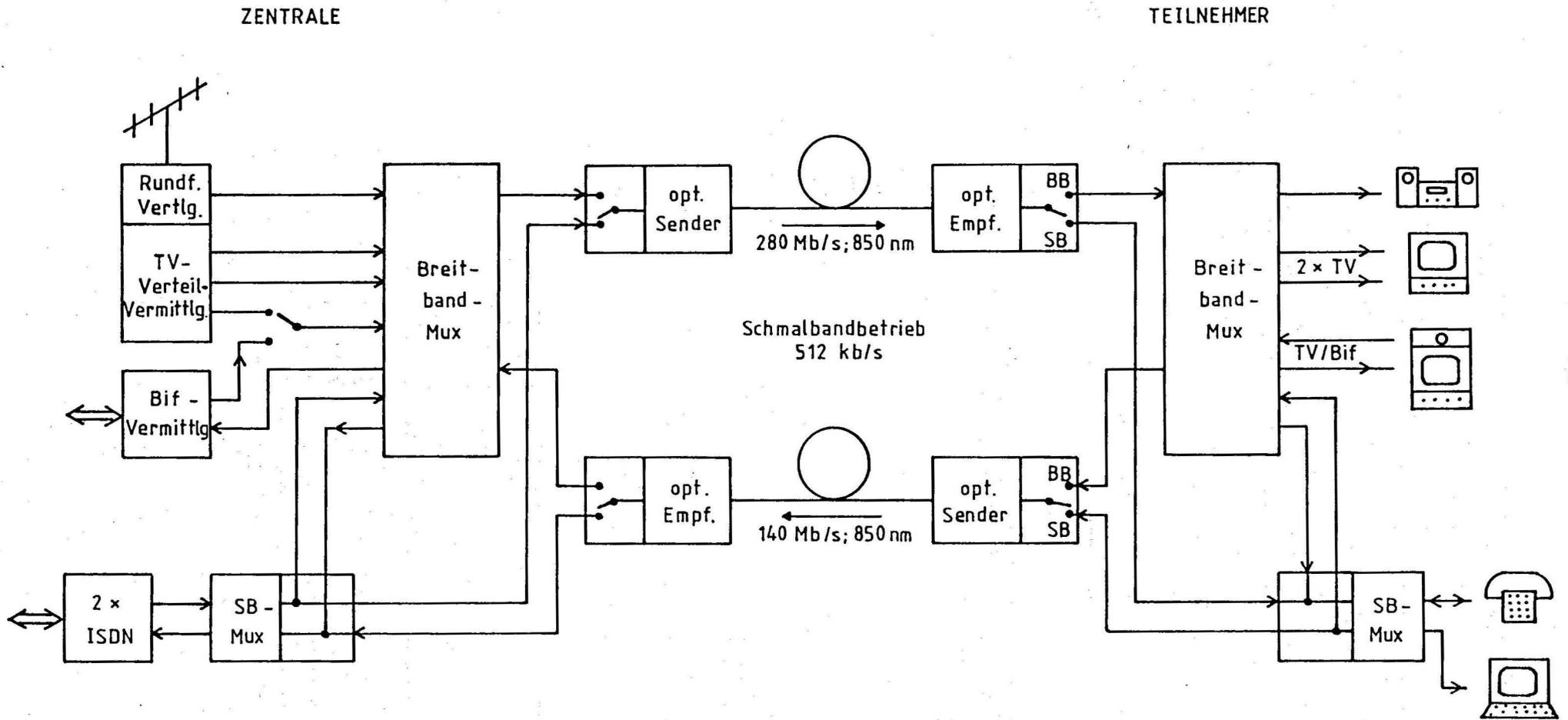


Bild 10: BIGFON (AEG)



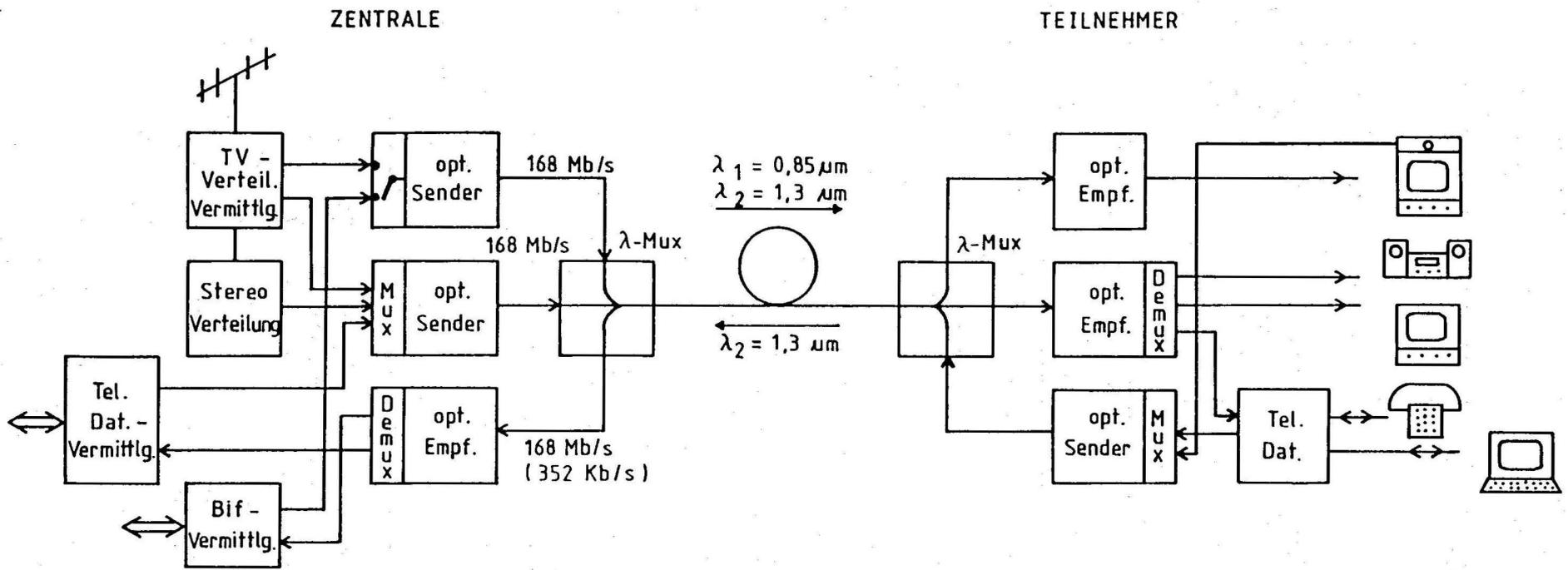


Bild 11 : BIGFON ( SEL )

<b>Systemname :</b> BIGFON (TEKADE, Philips Kommunikations Industrie AG)		<b>Installationsort :</b> Nürnberg, Hamburg Deutschland		<b>Versuchstyp :</b> Feldversuch									
<b>Hauptanwendung :</b> Breitbandiges integriertes Glasfaser-Fernmeldeortsnetz Breitband Dialog Schmalband Dialog		<b>Zeiten :</b> Planung : 1980 Baubeginn : 1981 Fertigstellung : 1983		<b>Zahl der Teilnehmer :</b> 28 je System, davon je 6 mit Bildfernsprechen									
<b>Dienste - Angebot und Zahl der Kanäle beim Teilnehmer :</b>		<table border="0"> <tr> <td>(x) TV - Verteilung : 3 x TV bei 2 Fasern, sonst 1 x TV aus 12</td> <td rowspan="5">} in 40,96 Mbit/s</td> </tr> <tr> <td>(x) Bildfernsprechen : 1 (dann 2 Fasern und 2 x TV)</td> </tr> <tr> <td>(x) Rundfunk Vert. : 24 Stereo-Programme</td> </tr> <tr> <td>(x) Fernsprechen : 2</td> </tr> <tr> <td>(x) Daten : Teletex</td> </tr> <tr> <td>(x) Sonstiges : Bildschirmtext</td> <td></td> </tr> </table>				(x) TV - Verteilung : 3 x TV bei 2 Fasern, sonst 1 x TV aus 12	} in 40,96 Mbit/s	(x) Bildfernsprechen : 1 (dann 2 Fasern und 2 x TV)	(x) Rundfunk Vert. : 24 Stereo-Programme	(x) Fernsprechen : 2	(x) Daten : Teletex	(x) Sonstiges : Bildschirmtext	
(x) TV - Verteilung : 3 x TV bei 2 Fasern, sonst 1 x TV aus 12	} in 40,96 Mbit/s												
(x) Bildfernsprechen : 1 (dann 2 Fasern und 2 x TV)													
(x) Rundfunk Vert. : 24 Stereo-Programme													
(x) Fernsprechen : 2													
(x) Daten : Teletex													
(x) Sonstiges : Bildschirmtext													
<b>Vermittlung :</b>	Zentral digitales Raumkoppelfeld	<b>Netzstruktur :</b>	Stern-Netz										
<b>Übertragung :</b>	opt. Modulat.-Verfahren elektr. Modulat.-Verfahren uni./bidirekt. Übertragung opt. Wellenlängenmultiplex elektr. Multiplexen Bitrate / Bandbreite	<b>Zentrale → Teilnehmer</b>		<b>Teilnehmer → Zentrale</b>									
		digital digital ja TDM für Stereo/Fsp 140 Mb/s; 40,9 Mb/s	digital digital bidirektional ja TDM 2,5 Mb/s+(140 Mb/s)										
<b>Codierung / Bandbreiten :</b>	Übertragungsstrecke TV/Bildfernsprechen Rundfunk Fernsprechen Daten Sonstiges	<b>Zentrale → Teilnehmer</b>		<b>Teilnehmer → Zentrale</b>									
		140 Mbit/s, 40 Mbit/s je $\lambda$ 140 Mbit/s (1 bit Coder) 1,2796 Mbit/s (14 Bit) 64 kbit/s 64 kbit/s Signalisieren	140 Mbit/s, 2,5 Mb/s je $\lambda$ - 160 kbit/s 64 kbit/s Signalisieren										
<b>Optik :</b>	Faser : GI maximal 3 km Sender : Laser Empfänger : APD $\lambda$ -Mux : 2 x 850 nm; 1 x 1,3 $\mu$ m												
<b>Besonderheiten / Anmerkungen :</b>													
Bei Vollausbau bidirektionale Übertragung über 2 Fasern. Sonst nur eine Faser mit $\lambda_1$ : 1 TV (140 Mbit/s); $\lambda_2$ : Stereo und 4 ISDN-Kanäle (40,9 Mbit/s) zum Teilnehmer; $\lambda_3$ : 4 ISDN- Kanäle in 2,5 Mbit/s vom Teilnehmer. Wegen separatem TV-Kanal, Zeitmultiplexbildung für Rundfunk, Fernsprechen und Daten vereinfacht.													

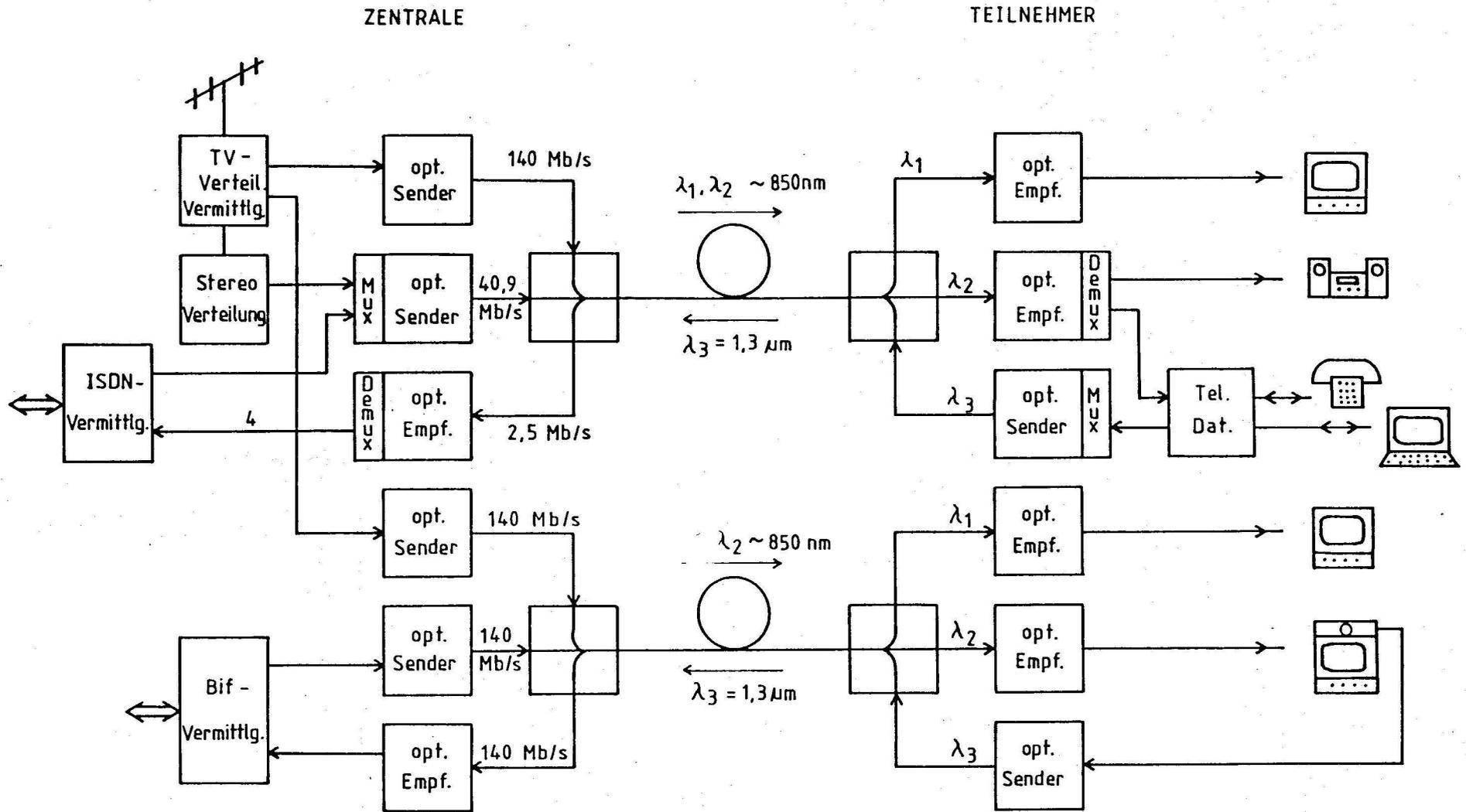


Bild 12 : BIGFON ( Tekade )

Systemname : BIGFON (FUBA)		Installationsort : Hannover Deutschland		Versuchstyp : Feldversuch	
Hauptanwendung : Breitbandiges integriertes Glasfaser-Fernmeldeortsnetz Breitband Dialog Schmalband Dialog		Zeiten : Planung : 1980 Baubeginn : 1981 Fertigstellung : 1983		Zahl der Teilnehmer : 48 je System, davon je 6 mit Bildfernsprechen	
Dienste - Angebot und Zahl der Kanäle beim Teilnehmer :		<input checked="" type="checkbox"/> TV - Verteilung : } 3 TV/BiF-Kanäle <input checked="" type="checkbox"/> Bildfernsprechen : } <input checked="" type="checkbox"/> Rundfunk Vert. : 24 Stereo Programme <input checked="" type="checkbox"/> Fernsprechen : } 10 ISDN-Kanäle à 144 kbit/s <input checked="" type="checkbox"/> Daten : } <input type="checkbox"/> Sonstiges :			
Vermittlung :		Zentral digitales Raumkoppelfeld 16 x 16		Netzstruktur : Stern-Netz	
Übertragung :		opt. Modulat.-Verfahren elektr. Modulat.-Verfahren uni-/bidirekt. Übertragung opt. Wellenlängenmultiplex elektr. Multiplexen Bitrate / Bandbreite		Zentrale → Teilnehmer	
				Teilnehmer → Zentrale	
		digital digital unidirektional nein TDM 540 Mbit/s		digital digital TDM 135 Mbit/s (2 Mbit/s)	
Codierung / Bandbreiten :		Übertragungsstrecke TV/Bildfernsprechen Rundfunk Fernsprechen Daten Sonstiges		Zentrale → Teilnehmer	
				Teilnehmer → Zentrale	
		digital 540 Mbit/s 135 Mbit/s (9 Bit PCM) 896 kbit/s 10 x 144 kbit/s in 2 Mbit/s		dig., 135 Mbit/s o. 2 Mb/s - 10 x 144 kbit/s in 2 Mbit/s	
Optik :		Faser : ?; maximal 5 km Sender : LD, 850 nm Empfänger : APD λ-Mux : -			
Besonderheiten / Anmerkungen : System mit größter Bitrate im BIGFON-Feldversuch. Geschlossene Codierung für TV/BiF mit 13,5 MHz Abtastrate und 9 Bit lin. PCM Ton separat.					

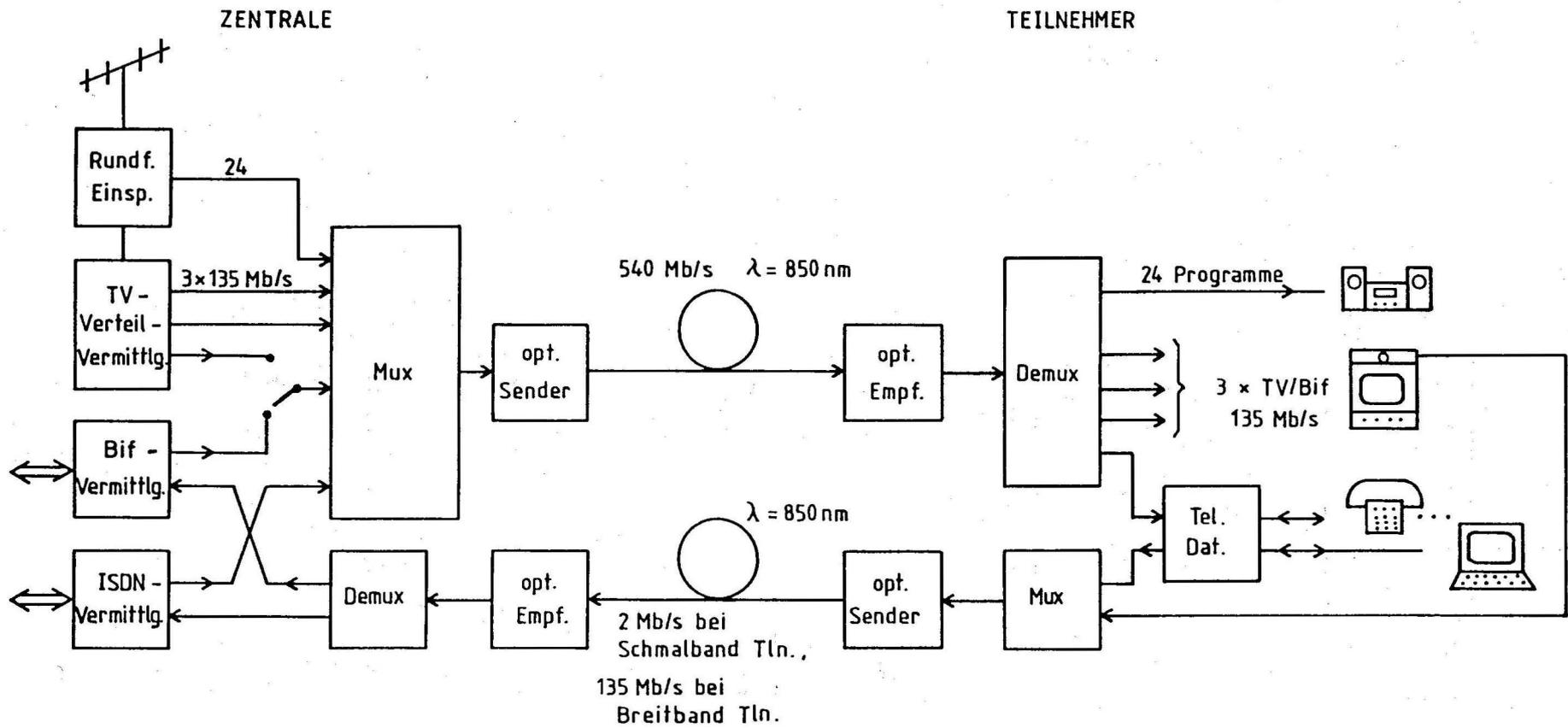


Bild 13 : BIGFON (Fuba)

Systemname : BIGFON (Krone)		Installationsort : Berlin Deutschland		Versuchstyp : Feldversuch	
Hauptanwendung : Breitbandiges integriertes Glasfaser-Fernmeldeortsnetz Breitband Dialog Schmalband Dialog		Zeiten : Planung : 1980 Baubeginn : 1981 Fertigstellung : 1983		Zahl der Teilnehmer : 48, davon 6 mit Bildfernsprechen	
Dienste - Angebot und Zahl der Kanäle beim Teilnehmer :		(x) TV - Verteilung : 2 aus 10 (x) Bildfernsprechen : 1, dann 1 TV (x) Rundfunk Vert. : 24 Stereo Programme (x) Fernsprechen : (x) Daten : 30 Kanäle à 64 kbit/s (PCM 30) (x) Sonstiges :			
Vermittlung :		zentral Komb. Raum/Zeit-Koppelfeld 10 x 10 für TV/BiF		Netzstruktur : Stern-Netz	
Übertragung :		opt. Modulat.-Verfahren elektr. Modulat.-Verfahren uni./bidirekt. Übertragung opt. Wellenlängenmultiplex elektr. Multiplexen Bitrate / Bandbreite		Zentrale → Teilnehmer      Teilnehmer → Zentrale digital                                  digital digital                                  digital bidirektional 3 λ zum Teilnehmer      1 λ vom Teilnehmer TDM                                  TDM 139,264 Mbit/s je λ      139,264 Mbit/s (2,048 Mbit/s)	
Codierung / Bandbreiten :		Übertragungsstrecke TV/Bildfernsprechen Rundfunk Fernsprechen Daten Sonstiges		Zentrale → Teilnehmer      Teilnehmer → Zentrale digital, 139,264 Mbit/s 135 Mbit/s, 9 Bit lin PCM 1,024 Mbit/s 14 Bit lin 64 kbit/s 64 kbit/s 64 kbit/s Sign. } PCM 30-System	
Optik :		Faser : GI-Faser; 3 dB/km; max 8 km Sender : Laser Empfänger : APD λ-Mux : 830,860, 890 nm zum Teilnehmer; 800 nm vom Teilnehmer			
Besonderheiten / Anmerkungen : Teilnehmer über eine Faser angeschlossen, 3 Wellenlängen mit je 140 Mbit/s zum Teilnehmer, 1 Wellenlänge vom Teilnehmer mit 140 Mbit/s (Breitband). Eigene Wellenlänge für Rundfunk, 2 x λ für TV, BiF, Schmalband. Einziger BIGFON-Anbieter mit Raum/Zeit-Koppelfeld. Bei Spannungsausfall beim Teilnehmer ca 8 Std. Batteriebetrieb.					

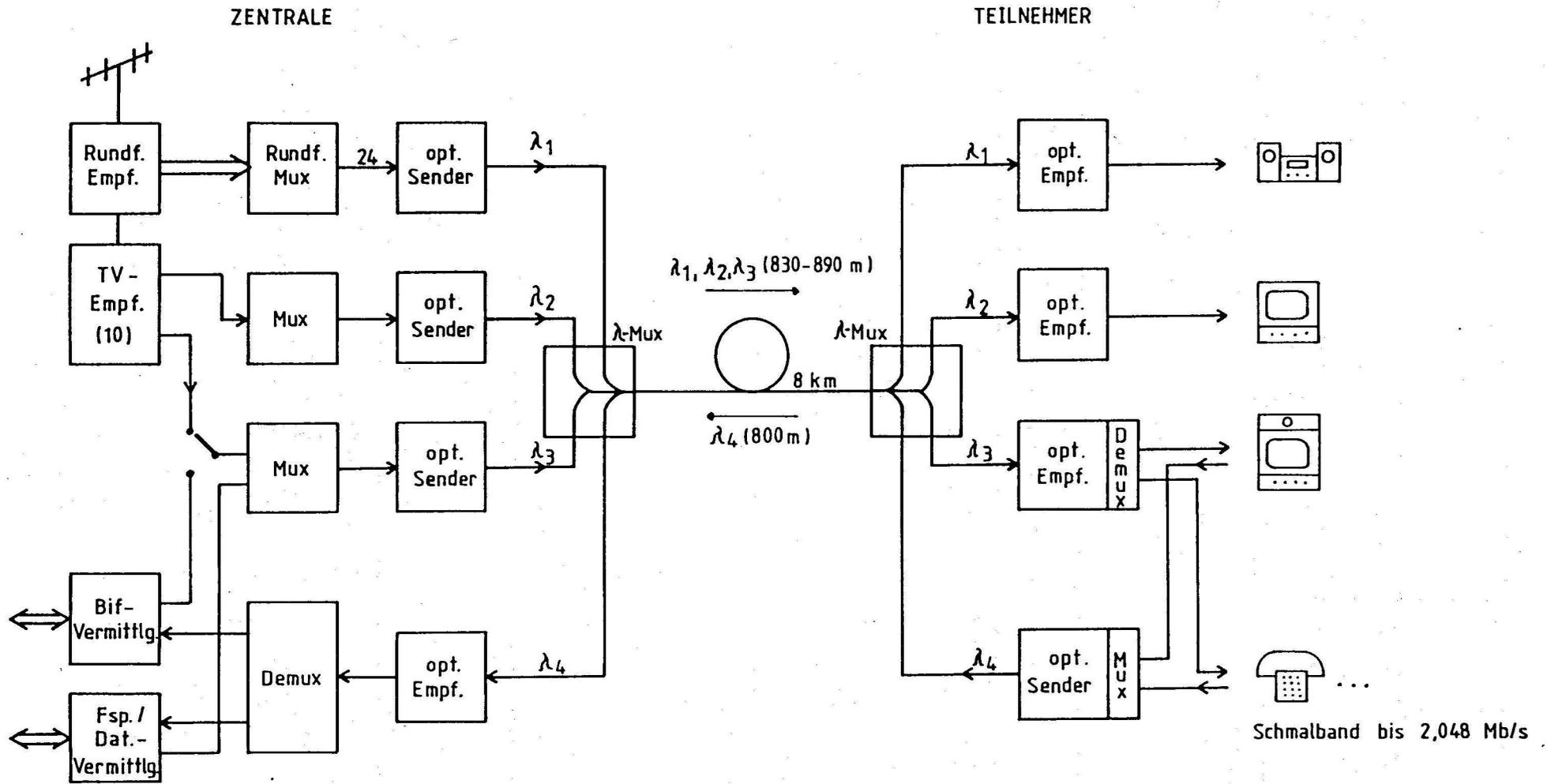


Bild 14 : BIGFON (Krone)

Systemname : NTT "All Digital System"		Installationsort : Yokosuka Japan		Versuchstyp : Laborsystem	
Hauptanwendung : Breitband-Verteilung Schmalband-Dialog		Zeiten : Planung : ? Baubeginn : ? Fertigstellung : 1980		Zahl der Teilnehmer : wenige (wahrscheinlich 1)	
Dienste - Angebot und Zahl der Kanäle beim Teilnehmer :		<input checked="" type="checkbox"/> TV - Verteilung : bis zu 4 TV mit 4 $\lambda$ , jedoch nur 2 ausgeführt <input type="checkbox"/> Bildfernsprechen : <input type="checkbox"/> Rundfunk Vert. : <input checked="" type="checkbox"/> Fernsprechen : 2 x Fsp à 64 kbit/s <input checked="" type="checkbox"/> Daten : 2 x Dat à 64 kbit/s <input type="checkbox"/> Sonstiges :			
Vermittlung :		zentral 8 x 8 Video-Koppelpunkte		Netzstruktur : Stern-Netz	
Übertragung :		opt. Modulat.-Verfahren elektr. Modulat.-Verfahren uni./bidirekt. Übertragung opt. Wellenlängenmultiplex elektr. Multiplexen Bitrate / Bandbreite		Zentrale → Teilnehmer      Teilnehmer → Zentrale  digital                                  digital digital                                  digital  bidirektional $\lambda_1 - \lambda_5$ $\lambda_6$ $\lambda_1 - \lambda_4$ : 96 Mbit/s $\lambda_6$ : 1,024 Mbit/s $\lambda_5$ : 1,024 Mbit/s	
Codierung / Bandbreiten :		Übertragungsstrecke TV/Bildfernsprechen Rundfunk Fernsprechen Daten Sonstiges		Zentrale → Teilnehmer      Teilnehmer → Zentrale  digital                                  digital PCM, 96 Mbit/s  TDM,AWI, 1024 Mbit/s je $\lambda$ und Richtung (Alternative Puls Width Inversion)	
Optik :		Faser : GI; 80 $\mu$ m; 1,5-4 dB/km; 4 km (max. 5 km) Sender : LD (~800 nm); LED (1,06 $\mu$ ; 1,3 $\mu$ ) Empfänger : APD $\lambda$ -Mux : $\lambda_1 = 800$ nm; $\lambda_2 = 825$ nm; $\lambda_3 = 850$ nm; $\lambda_4 = 875$ nm; $\lambda_5 = 1,06$ $\mu$ m; $\lambda_6 = 1,3$ $\mu$ m			
Besonderheiten / Anmerkungen : Rein digitales System. Verwendung von 6 Wellenlängen (5 zum Teilnehmer; 1 zur Zentrale). Je TV-Kanal incl. Ton eine Wellenlänge. Multiplexbildung für 4 Schmalbandkanäle. Verwendung von Interferenz-Filtern für $\lambda > 1$ $\mu$ und Gitter für $\lambda \sim 800$ nm. Von den 4 möglichen TV-Kanälen wurden nur zwei vollständig gebaut.					

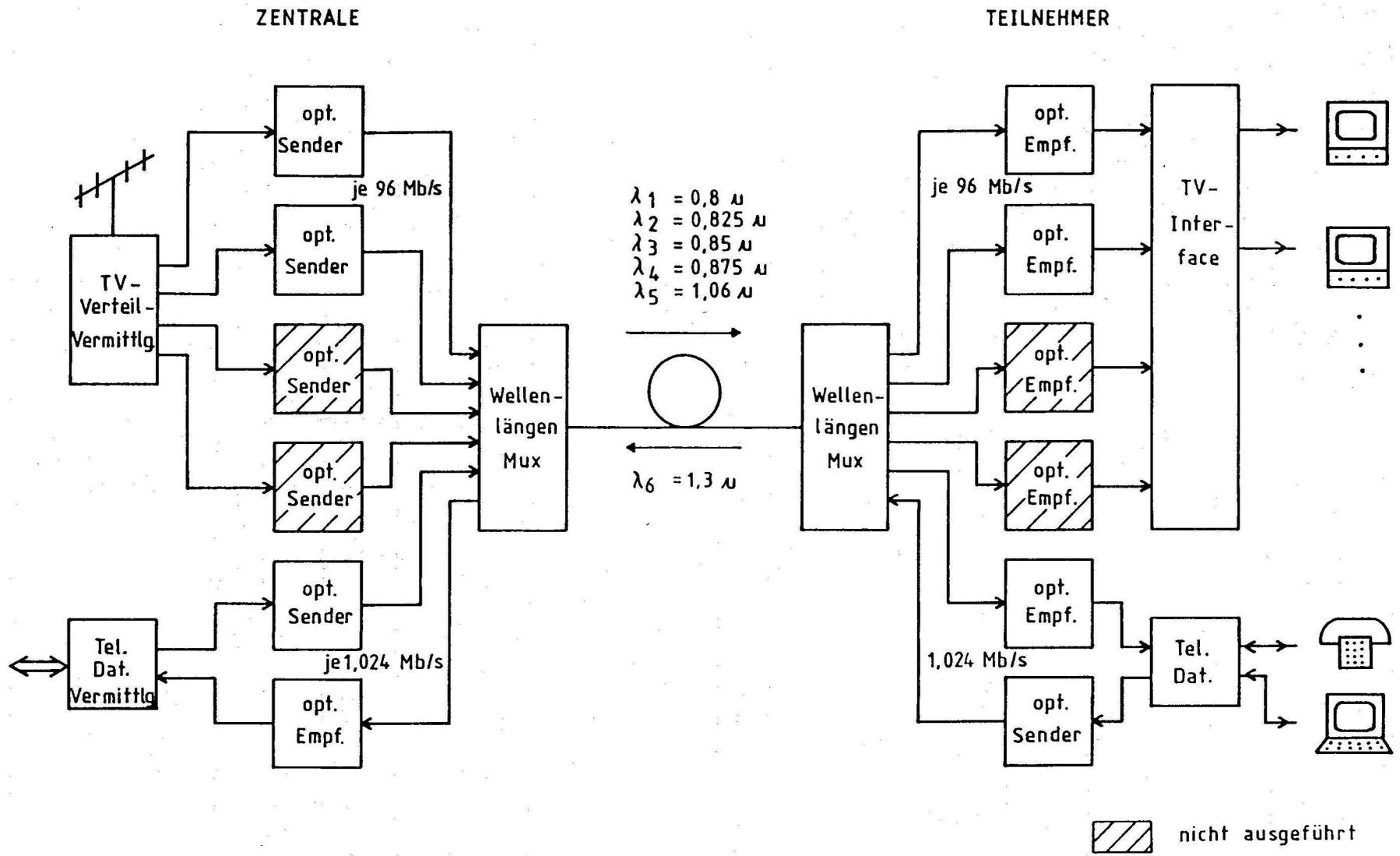


Bild 15 : NTT „ ALL Digital System ” / 57 /

<b>Systemname :</b> Integrated Network		<b>Installationsort :</b> Lyngby Dänemark		<b>Versuchstyp :</b> Feldversuch geplant für 1983															
<b>Hauptanwendung :</b> TV-Verteilung Audio-Verteilung Telefon, Daten		<b>Zeiten :</b> Planung : 1978 Baubeginn : 1978 Fertigstellung : 1983 ?		<b>Zahl der Teilnehmer :</b> ~ 200 - 500															
<b>Dienste - Angebot und Zahl der Kanäle beim Teilnehmer :</b>		(x) TV - Verteilung : 2 aus 8 ( ) Bildfernsprechen : (x) Rundfunk Vert. : 22 Programme (x) Fernsprechen : } (x) Daten : } 2,176 Mbit/s ( ) Sonstiges : }																	
<b>Vermittlung :</b>		zentral Verteilvermittlung für TV		<b>Netzstruktur :</b> Stern für Teilnehmerebene															
<b>Übertragung :</b>		opt. Modulat.-Verfahren elektr. Modulat.-Verfahren uni./bidirekt. Übertragung opt. Wellenlängenmultiplex elektr. Multiplexen Bitrate / Bandbreite		<table border="1"> <thead> <tr> <th>Zentrale → Teilnehmer</th> <th>Teilnehmer → Zentrale</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>digital</td> <td>digital</td> </tr> <tr> <td>digital</td> <td>digital</td> </tr> <tr> <td colspan="2" style="text-align: center;">unidirektional</td> </tr> <tr> <td colspan="2" style="text-align: center;">nein</td> </tr> <tr> <td colspan="2" style="text-align: center;">TDM</td> </tr> <tr> <td>139,264 Mbit/s (2x)</td> <td>2,176 Mbit/s</td> </tr> </tbody> </table>		Zentrale → Teilnehmer	Teilnehmer → Zentrale	digital	digital	digital	digital	unidirektional		nein		TDM		139,264 Mbit/s (2x)	2,176 Mbit/s
Zentrale → Teilnehmer	Teilnehmer → Zentrale																		
digital	digital																		
digital	digital																		
unidirektional																			
nein																			
TDM																			
139,264 Mbit/s (2x)	2,176 Mbit/s																		
<b>Codierung / Bandbreiten :</b>		Übertragungsstrecke TV/Bildfernsprechen Rundfunk Fernsprechen Daten Sonstiges		<table border="1"> <thead> <tr> <th>Zentrale → Teilnehmer</th> <th>Teilnehmer → Zentrale</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>139,264 Mbit/s</td> <td>2,176 Mbit/s</td> </tr> <tr> <td colspan="2">8 Bit PCM; 13,056 MHz Abtastr.</td> </tr> <tr> <td colspan="2">14 Bit PCM; 45 1/3 kHz Abtastr.</td> </tr> <tr> <td>2,176 Mbit/s</td> <td>2,176 Mbit/s</td> </tr> </tbody> </table>		Zentrale → Teilnehmer	Teilnehmer → Zentrale	139,264 Mbit/s	2,176 Mbit/s	8 Bit PCM; 13,056 MHz Abtastr.		14 Bit PCM; 45 1/3 kHz Abtastr.		2,176 Mbit/s	2,176 Mbit/s				
Zentrale → Teilnehmer	Teilnehmer → Zentrale																		
139,264 Mbit/s	2,176 Mbit/s																		
8 Bit PCM; 13,056 MHz Abtastr.																			
14 Bit PCM; 45 1/3 kHz Abtastr.																			
2,176 Mbit/s	2,176 Mbit/s																		
<b>Optik :</b>		Faser : 2 Fasern zum Teilnehmer, 1 Faser zurück geplant Sender : LED Empfänger : PIN λ-Mux : nein																	
<b>Besonderheiten / Anmerkungen :</b>																			
Konzept für einen geplanten Feldversuch ('83). System besteht aus 3 Ebenen: 1. Fernebene für Zuführung der Verteilprogramme in die Vermittlungseinrichtungen (in Telefon-Ortsämtern) 2. Verbindung Ortsämter-Teilnehmergebiet mit integriertem TV und Telefonverkehr 3. Teilnehmeranschluß z.Z. noch Koaxtechnik, später Glasfaseranschluß. Erweiterung auf Bildfernsprechen geplant. Geänderter Rahmenaufbau gegenüber: "Broadband Integrated Network".																			

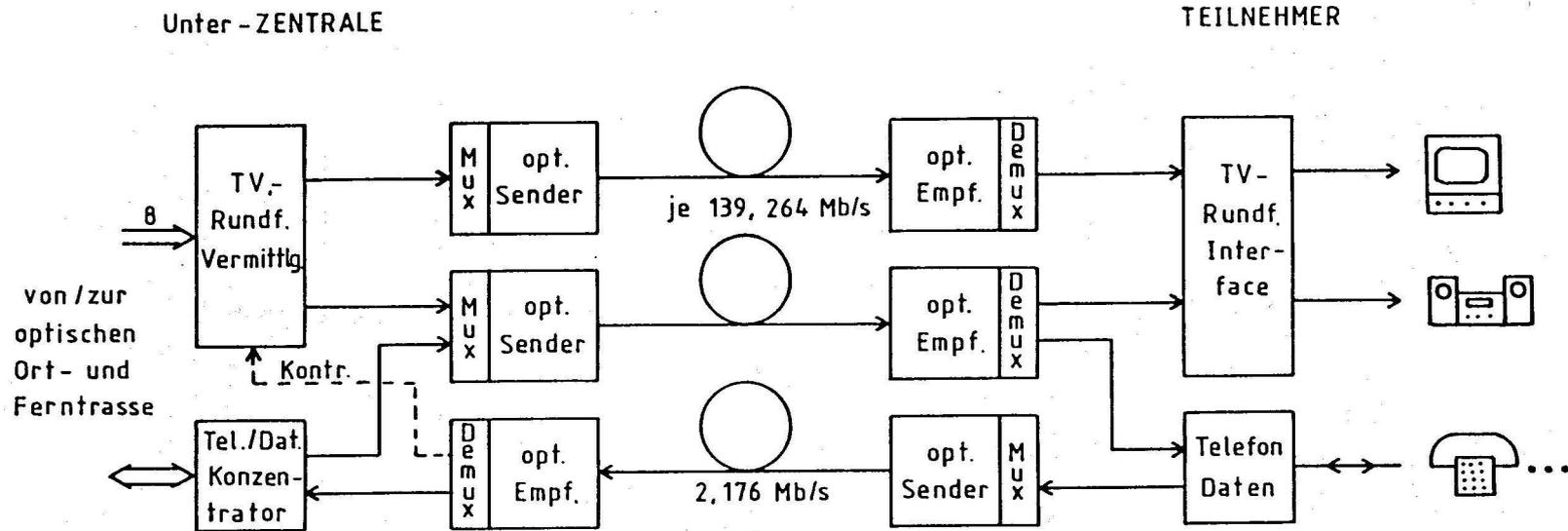


Bild 16: Integrated Network

Systemname : Broadband Integrated Network		Installationsort : Technische Universität Lyngby Dänemark		Versuchstyp : Systementwurf	
Hauptanwendung : TV/Rundfunk-Verteilung Telefon/Daten Dialog		Zeiten : Planung : 1979 Baubeginn : Fertigstellung :		Zahl der Teilnehmer : Ziel: 200 - 500 je Teilnehmervorvermittlung	
Dienste - Angebot und Zahl der Kanäle beim Teilnehmer :		(x) TV - Verteilung : 2 aus 12 Quelle ( ) Bildfernsprechen : (x) Rundfunk Vert. : 21 x Stereo; 10 x Mono (x) Fernsprechen : (x) Daten : { 2,048 Mbit/s (x) Sonstiges : 1,024 Mbit/s			
Vermittlung :		zentral in mehreren Hierarchiestufen	Netzstruktur :		Fernebene: Baum; Stern Teilnehmerebene: Stern
Übertragung :		opt. Modulat.-Verfahren elektr. Modulat.-Verfahren uni-/bidirekt. Übertragung opt. Wellenlängenmultiplex elektr. Multiplexen Bitrate / Bandbreite	Zentrale → Teilnehmer		Teilnehmer → Zentrale
			digital digital	digital digital	unidirektional nein TDM 2 x 139,264 Mbit/s
Codierung / Bandbreiten :		Übertragungsstrecke TV/Bildfernsprechen Rundfunk Fernsprechen Daten Sonstiges	Zentrale → Teilnehmer		Teilnehmer → Zentrale
			je Faser 139,264 Mbit/s 13,312 MHz x 8 Bit Stereo: 896 kbit/s { 2,048 Mbit/s 1,024 Mbit/s	4,096 Mbit/s   { 2,048 Mbit/s 1,024 Mbit/s	
Optik :		Faser : 2 Fasern zum Teilnehmer, 1 Faser zurück Fernebene: 4-6 km; 1,5 km; Teilnehmerebene 0,2-0,7 km Sender : ? Empfänger : ? λ-Mux : nein			
Besonderheiten / Anmerkungen : Systemvorschlag, sehr ähnlich dem als Feldversuch geplanten "Integrated Network". Unterschiede hauptsächlich im Rahmenaufbau. Wegen der gewählten TV-Abtastrate von 13,312 MHz, TV-Information als 6 x 8 Bit und 7 x 8 Bit-Pakete ungleichmäßig im Rahmen verteilt. Systemvorschlag enthält Anhang mit Konzept für analogen Teilnehmeranschluß mit 12 TV-Kanälen (AM) und 3 Kanälen für UKW-Tonprogramme. Zur Verteilung werden Sternkoppler vorgeschlagen.					

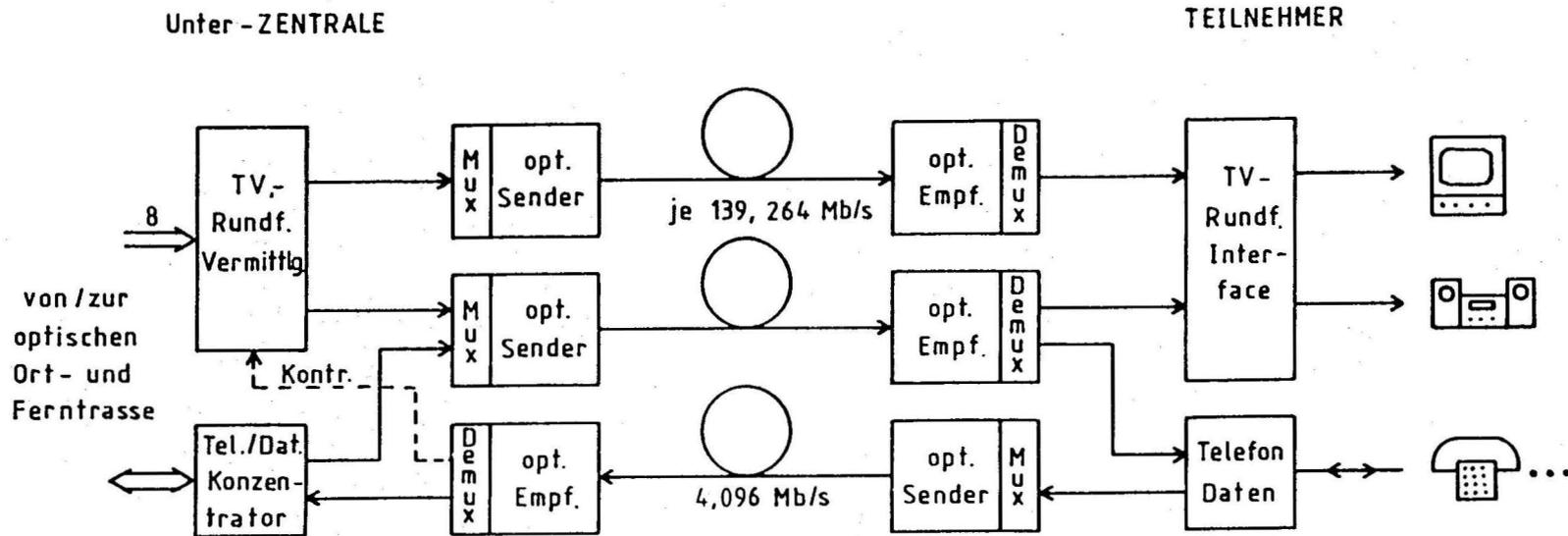


Bild 17: Broadband Integrated Network

Systemname : Advanced Integrated Network		Installationsort : Lyngby Dänemark		Versuchstyp : Systementwurf																	
Hauptanwendung : TV/Rundfunk-Verteilung Telefon/Daten Dialog		Zeiten : Planung : 1980 Baubeginn : Fertigstellung :		Zahl der Teilnehmer :																	
Dienste - Angebot und Zahl der Kanäle beim Teilnehmer :		<input checked="" type="checkbox"/> TV - Verteilung : 3 aus 15 Quellen <input type="checkbox"/> Bildfernsprechen : <input checked="" type="checkbox"/> Rundfunk Vert. : 39 Stereo-Programme <input checked="" type="checkbox"/> Fernsprechen : <input checked="" type="checkbox"/> Daten : } 2 x 2,048 Mbit/s <input checked="" type="checkbox"/> Sonstiges : }																			
Vermittlung :		zentral		Netzstruktur : Linie - Fernebene Stern - Teilnehmerebene																	
Übertragung :		opt. Modulat.-Verfahren elektr. Modulat.-Verfahren uni-/bidirekt. Übertragung opt. Wellenlängenmultiplex elektr. Multiplexen Bitrate / Bandbreite		<table border="1"> <tr> <td>Zentrale → Teilnehmer</td> <td>Teilnehmer → Zentrale</td> </tr> <tr> <td>digital</td> <td>digital</td> </tr> <tr> <td>digital</td> <td>digital</td> </tr> <tr> <td colspan="2">unidirektional</td> </tr> <tr> <td colspan="2">nein</td> </tr> <tr> <td>TDM</td> <td>TDM</td> </tr> <tr> <td>270,336 Mbit/s</td> <td>4,096 Mbit/s</td> </tr> <tr> <td colspan="2">(278,528 Mbit/s Fernebene)</td> </tr> </table>		Zentrale → Teilnehmer	Teilnehmer → Zentrale	digital	digital	digital	digital	unidirektional		nein		TDM	TDM	270,336 Mbit/s	4,096 Mbit/s	(278,528 Mbit/s Fernebene)	
Zentrale → Teilnehmer	Teilnehmer → Zentrale																				
digital	digital																				
digital	digital																				
unidirektional																					
nein																					
TDM	TDM																				
270,336 Mbit/s	4,096 Mbit/s																				
(278,528 Mbit/s Fernebene)																					
Codierung / Bandbreiten :		Übertragungsstrecke TV/Bildfernsprechen Rundfunk Fernsprechen Daten Sonstiges		<table border="1"> <tr> <td>Zentrale → Teilnehmer</td> <td>Teilnehmer → Zentrale</td> </tr> <tr> <td>33/34 x 278,528 Mbit/s</td> <td>4,096 Mbit/s</td> </tr> <tr> <td>67,584 Mbit/s incl. Ton</td> <td>5 BIT DPCM</td> </tr> <tr> <td>48 kHz, 14 Bit</td> <td></td> </tr> <tr> <td colspan="2">} je 64 kbit/s Kanäle in 4,096 Mbit/s</td> </tr> </table>		Zentrale → Teilnehmer	Teilnehmer → Zentrale	33/34 x 278,528 Mbit/s	4,096 Mbit/s	67,584 Mbit/s incl. Ton	5 BIT DPCM	48 kHz, 14 Bit		} je 64 kbit/s Kanäle in 4,096 Mbit/s							
Zentrale → Teilnehmer	Teilnehmer → Zentrale																				
33/34 x 278,528 Mbit/s	4,096 Mbit/s																				
67,584 Mbit/s incl. Ton	5 BIT DPCM																				
48 kHz, 14 Bit																					
} je 64 kbit/s Kanäle in 4,096 Mbit/s																					
Optik :		Faser : max 10 km. Sender : Teilnehmerbereich LED, 1,3 µ vorgeschlagen Empfänger : ? λ-Mux : nein																			
Besonderheiten / Anmerkungen : Es wird vorgeschlagen, die Fernebene mit aus der PCM Hierarchie abgeleiteten Taktraten zu betreiben (278,528 Mbit/s ≈ 2 x PCM 1920), die Teilnehmerebene jedoch mit 270,336 Mbit/s. Dadurch wird eine einfachere Rahmenstruktur und damit auch einfachere Multiplexer/Demultiplexer erreicht. 3 TV-Kanäle und ein Kanal für Audio, Telefon usw. zu je 67,548 Mbit/s werden im "Bitinterleaving" übertragen. Damit wird erreicht, daß je Kanal nur ein 270 Mbit/s schneller Speicher benötigt wird.																					

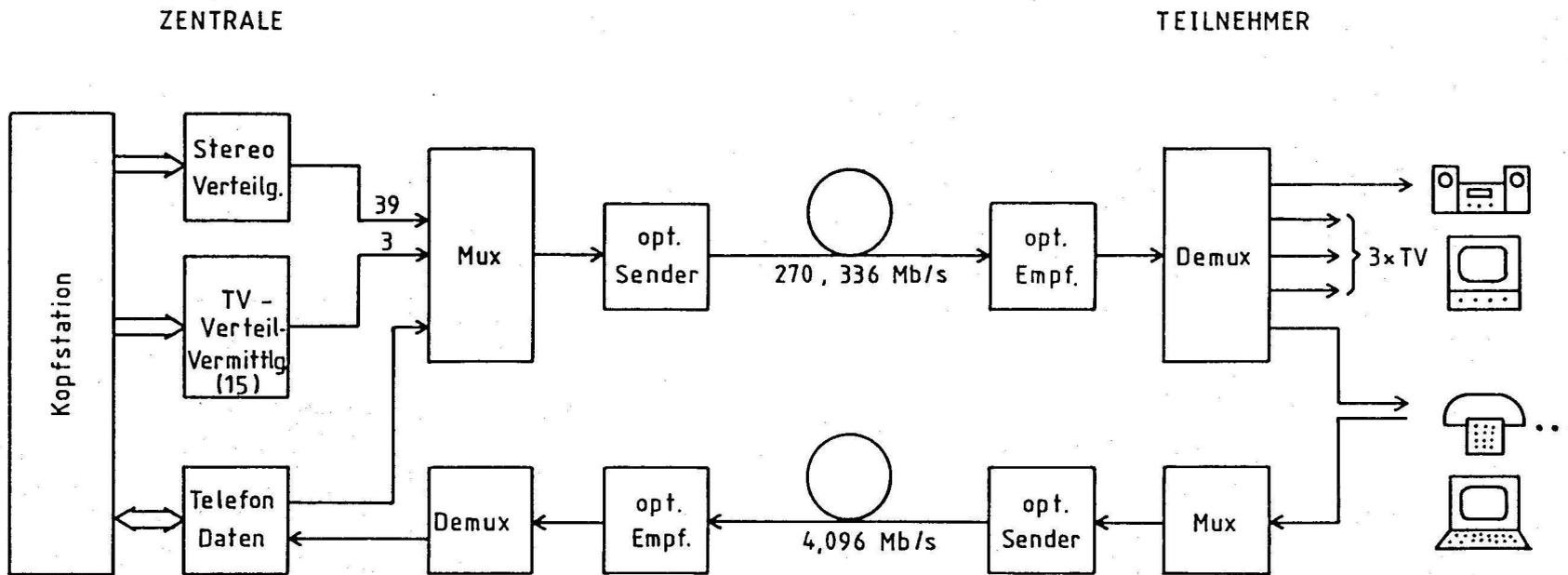


Bild 18: Advanced Integrated Network

Systemname : NTT "Home Use System"		Installationsort : Yokusuka Japan		Versuchstyp : Feldversuch									
Hauptanwendung : Bildfernscr. Dialog TV-Verteilung (HDTV) Fsp./Fax-Dialog		Zeiten : Planung : Baubeginn : 1980 Fertigstellung : 1981		Zahl der Teilnehmer : 2									
Dienste - Angebot und Zahl der Kanäle beim Teilnehmer :		<input checked="" type="checkbox"/> TV - Verteilung : 2, davon 1 HDTV <input checked="" type="checkbox"/> Bildfernsprechen : 1, dann nur 1 TV <input type="checkbox"/> Rundfunk Vert. : <input checked="" type="checkbox"/> Fernsprechen : <input checked="" type="checkbox"/> Daten : Faksimile } in 1,5 Mbit/s <input type="checkbox"/> Sonstiges :											
Vermittlung :		zentral		Netzstruktur : Sternnetz									
Übertragung :		opt. Modulat.-Verfahren elektr. Modulat.-Verfahren uni-/bidirekt. Übertragung opt. Wellenlängenmultiplex elektr. Multiplexen Bitrate / Bandbreite		<table border="1"> <tr> <th>Zentrale → Teilnehmer</th> <th>Teilnehmer → Zentrale</th> </tr> <tr> <td>analog/digital 30+4 MHz Basisband+dig. 3 x λ</td> <td>analog/digital 4 MHz Basisband + dig. bidirektional 2 x λ</td> </tr> <tr> <td colspan="2">TDM (Fsp./Fax)</td> </tr> <tr> <td>4 MHz, 30 MHz je λ</td> <td>4 MHz je λ</td> </tr> </table>		Zentrale → Teilnehmer	Teilnehmer → Zentrale	analog/digital 30+4 MHz Basisband+dig. 3 x λ	analog/digital 4 MHz Basisband + dig. bidirektional 2 x λ	TDM (Fsp./Fax)		4 MHz, 30 MHz je λ	4 MHz je λ
Zentrale → Teilnehmer	Teilnehmer → Zentrale												
analog/digital 30+4 MHz Basisband+dig. 3 x λ	analog/digital 4 MHz Basisband + dig. bidirektional 2 x λ												
TDM (Fsp./Fax)													
4 MHz, 30 MHz je λ	4 MHz je λ												
Codierung / Bandbreiten :		Übertragungsstrecke TV/Bildfernsprechen Rundfunk Fernsprechen Daten Sonstiges		<table border="1"> <tr> <th>Zentrale → Teilnehmer</th> <th>Teilnehmer → Zentrale</th> </tr> <tr> <td>analog PAM/digital CMI AM</td> <td>analog PAM/digital CMI AM</td> </tr> <tr> <td colspan="2">Faksimile } in 1,5 Mbit/s CMI-codiert</td> </tr> <tr> <td colspan="2">(CMI=Coded Mark Inversion)</td> </tr> </table>		Zentrale → Teilnehmer	Teilnehmer → Zentrale	analog PAM/digital CMI AM	analog PAM/digital CMI AM	Faksimile } in 1,5 Mbit/s CMI-codiert		(CMI=Coded Mark Inversion)	
Zentrale → Teilnehmer	Teilnehmer → Zentrale												
analog PAM/digital CMI AM	analog PAM/digital CMI AM												
Faksimile } in 1,5 Mbit/s CMI-codiert													
(CMI=Coded Mark Inversion)													
Optik :		Faser : GI; 4 dB/km; 5 km Sender : LD (0,89 μ; 0,86 μ; 0,8 μ). LED (1,15 μ; 1,3 μ) Empfänger : Si-APD, Ge-APD λ-Mux : 5 Wellenlängen											
<b>Besonderheiten / Anmerkungen :</b> Eines der 3 an dem Yokusuka-Feldversuch beteiligten Systeme (Business-, Home Use- und CATV-System). Schwerpunkt war die Übertragung im Wellenlängenmultiplex, nicht Dienste und Vermittlung. In allen 3 Systemen analoge Bildübertragung (AM). Die elektr. Summensignale werden vor der Übertragung Puls-Amplituden moduliert. Im "Home Use System" 5 Wellenlängen für getrennte Übertragung von Video und digitalen Fsp/Faksimile-Kanälen. Für TV-Verteilung: 10fach Sternkoppler. Der minimale Abstand der Wellenlängen im Kurzwellenbereich beträgt 30 nm, im Langwellenbereich 150 nm													

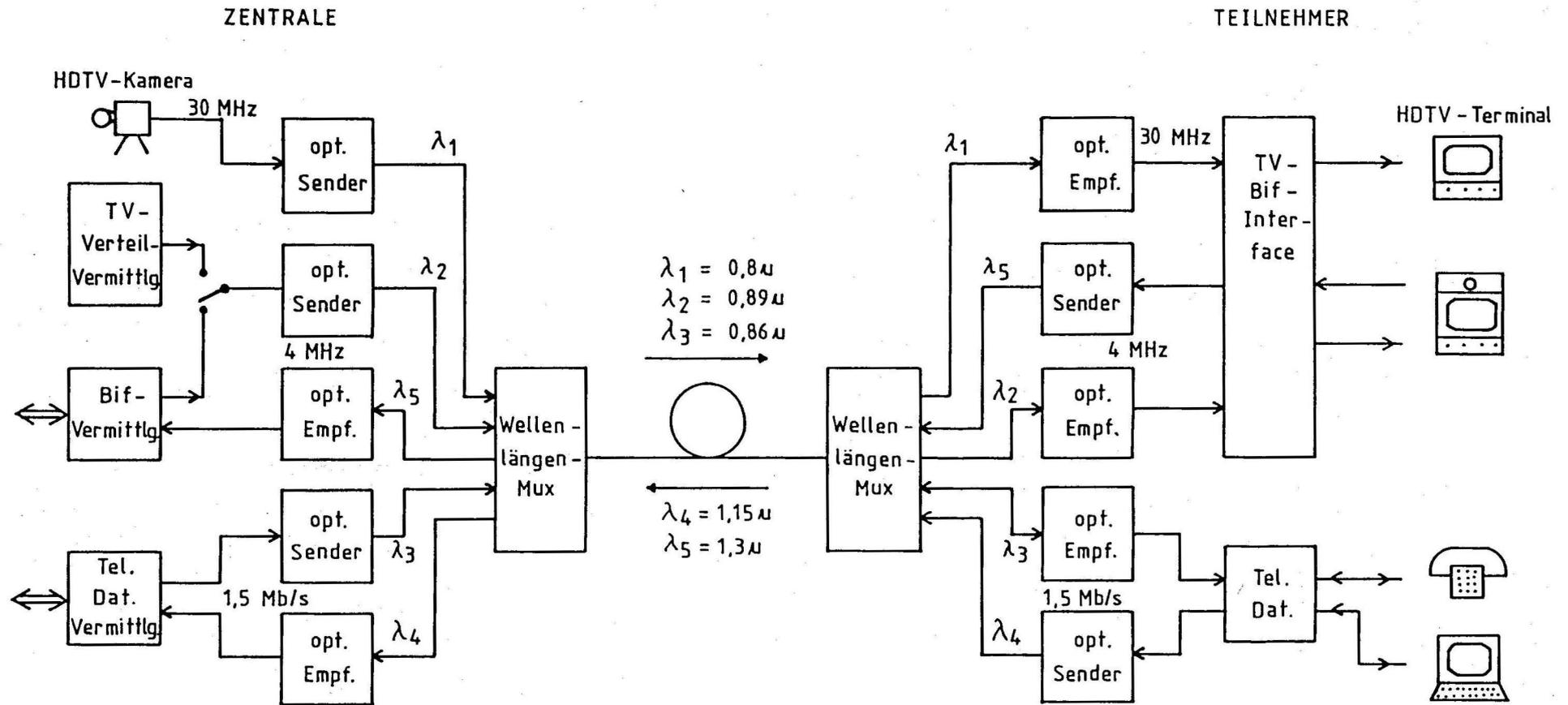


Bild 19: NTT „Home Use System“

Systemname : NTT "Business Use System"		Installationsort : Yokusuku Japan		Versuchstyp : Feldversuch	
Hauptanwendung : TV-Konferenz Telefon/Fax. Dialog		Zeiten : Planung : Baubeginn : 1980 Fertigstellung : 1981		Zahl der Teilnehmer : 2	
Dienste - Angebot und Zahl der Kanäle beim Teilnehmer :		<input checked="" type="checkbox"/> TV - Verteilung : 1 <input checked="" type="checkbox"/> Bildfernsprechen : oder 1 Bildfernsprechen <input type="checkbox"/> Rundfunk Vert. : <input checked="" type="checkbox"/> Fernsprechen : { Mehrere Kanäle in 6,3 Mbit/s <input checked="" type="checkbox"/> Daten : { Beim Teilnehmer Nebenstelle vorgesehen <input type="checkbox"/> Sonstiges :			
Vermittlung :		zentral	Netzstruktur :		Sternnetz
Übertragung :		opt. Modulat.-Verfahren elektr. Modulat.-Verfahren uni./bidirekt. Übertragung opt. Wellenlängenmultiplex elektr. Multiplexen Bitrate / Bandbreite	Zentrale → Teilnehmer		Teilnehmer → Zentrale
			analog/digital Basisband/TDM TDM 4 MHz/6,3 Mbit/s	analog/digital Basisband/TDM bidirektional ja, 4 Wellenlängen TDM 4 MHz/6,3 Mbit/s	
Codierung / Bandbreiten :		Übertragungsstrecke TV/Bildfernsprechen Rundfunk Fernsprechen Daten Sonstiges	Zentrale → Teilnehmer		Teilnehmer → Zentrale
			analog PAM/digital CMI AM	analog PAM/digital CMI AM in 6,3 Mbit/s CMI-codiert (Coded Mark Inversion)	
Optik :		Faser : GI-Faser, 30 µm, 4 dB/km, 5 km max. Sender : GaAlAs-Laser Empfänger : APD (0,8 + 0,83 µ); PIN (0,86 + 0,89 µ) λ-Mux : 4 WL: 0,8; 0,83; 0,86; 0,89 µm			
Besonderheiten / Anmerkungen : Eines der 3 an dem Yokusuku-Feldversuch beteiligten Systeme (Business-, Home Use- und CATV-System). Schwerpunkt war die Übertragung im Wellenlängenmultiplex, nicht Dienste und Vermittlung. Die elektr. Summensignale werden vor der Übertragung Puls-Amplituden moduliert. In dem "Business-System" werden Laser und Gitter als Multiplexer/Demultiplexer verwendet. Als minimaler Abstand der Wellenlängen im Kurzwellenbereich wurden 30 nm herausgefunden.					

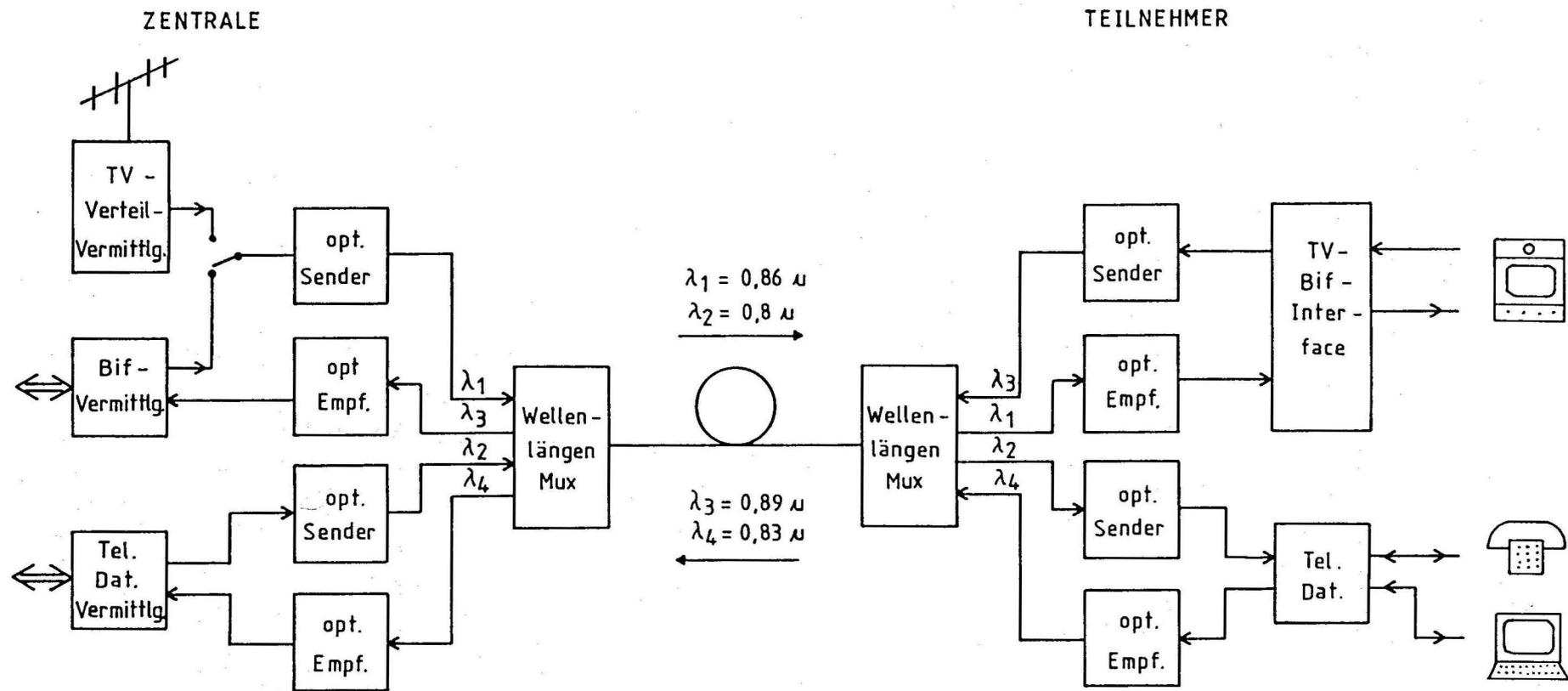


Bild 20: NTT „Business Use System“

Systemname : INS-Model-System		Installationsort : Tokyo (Mitaka) Japan		Versuchstyp : Feldversuch	
Hauptanwendung : TV-Verteilung Telefon, Schnelle Daten- Übertragung		Zeiten : Planung : 1980 Baubeginn : 1982 Fertigstellung : 1984		Zahl der Teilnehmer : Für Feldversuch keine Angaben. Späteres Ziel: 10.000 Teilneh- mer	
Dienste - Angebot und Zahl der Kanäle beim Teilnehmer :		<input checked="" type="checkbox"/> TV - Verteilung : analog 4 MHz <input type="checkbox"/> Bildfernsprechen : <input type="checkbox"/> Rundfunk Vert. : <input checked="" type="checkbox"/> Fernsprechen : <input checked="" type="checkbox"/> Daten : <input checked="" type="checkbox"/> Sonstiges : <div style="display: inline-block; vertical-align: middle; margin-left: 10px;">                     } Faksimile, Teletex, schnelle Daten                 </div>			
Vermittlung :		Zentral	Netzstruktur :		Stern-Netz
Übertragung :		opt. Modulat.-Verfahren elektr. Modulat.-Verfahren uni-/bidirekt. Übertragung opt. Wellenlängenmultiplex elektr. Multiplexen Bitrate / Bandbreite		Zentrale → Teilnehmer	Teilnehmer → Zentrale
				analog analog	digital digital bidirektional ja, 4 Wellenlängen ? ?
Codierung / Bandbreiten :		Übertragungsstrecke TV/Bildfernsprechen Rundfunk Fernsprechen Daten Sonstiges		Zentrale → Teilnehmer	Teilnehmer → Zentrale
				4 MHz 64 kbit/s ? ?	? in 6,3 Mbit/s
Optik :		Faser : 20 -30 km Kabel mit 200 Fasern Sender : GaAlAs, InGaAsP Empfänger : Si APD, Ge APD λ-Mux : 4 Wellenlängen 0.81; 0.89; 1.2; 1.3 μ			
<b>Besonderheiten / Anmerkungen :</b> Dieser Feldversuch ist Bestandteil des bis in das Jahr 2000 angelegten Plans, ein integriertes Nachrichtennetz (INS) aufzubauen. Neben der Koaxialtechnik wird besonders der Einsatz von Glasfasern (20 - 30 km Kabel mit 200 Fasern) untersucht. Die bei diesem Technologietest gewonnenen Ergebnisse sollen in einem für bis zu 10.000 Teilnehmer ausgelegten kommerziellen Netz (Tsukuba Science City ab 1985) verwendet werden. Vorerst wird noch analoge Bildübertragung angewendet, geeignete Lösungen für digitale Bildübertragung werden untersucht.					

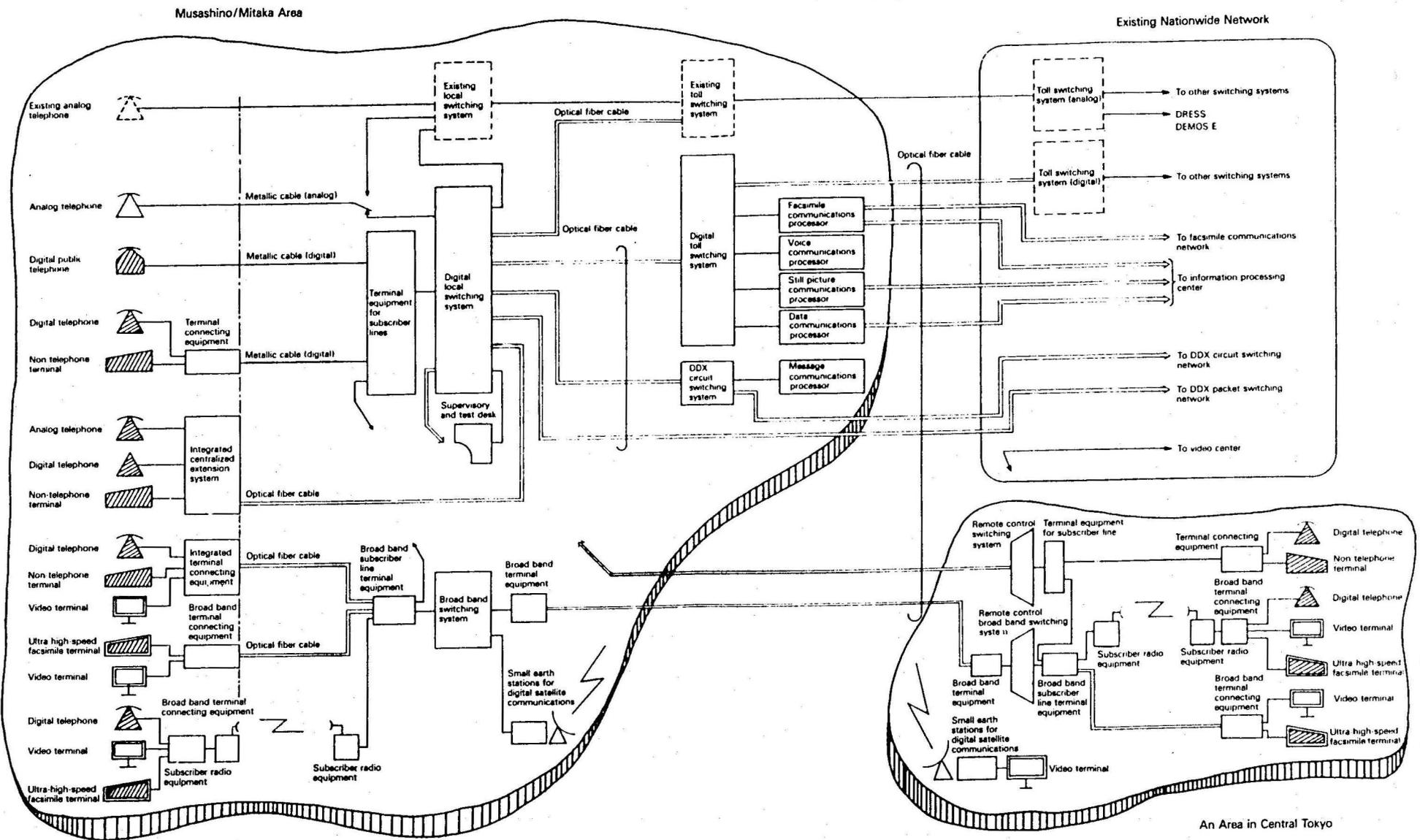


Bild 21: INS - Model - System / 51 /



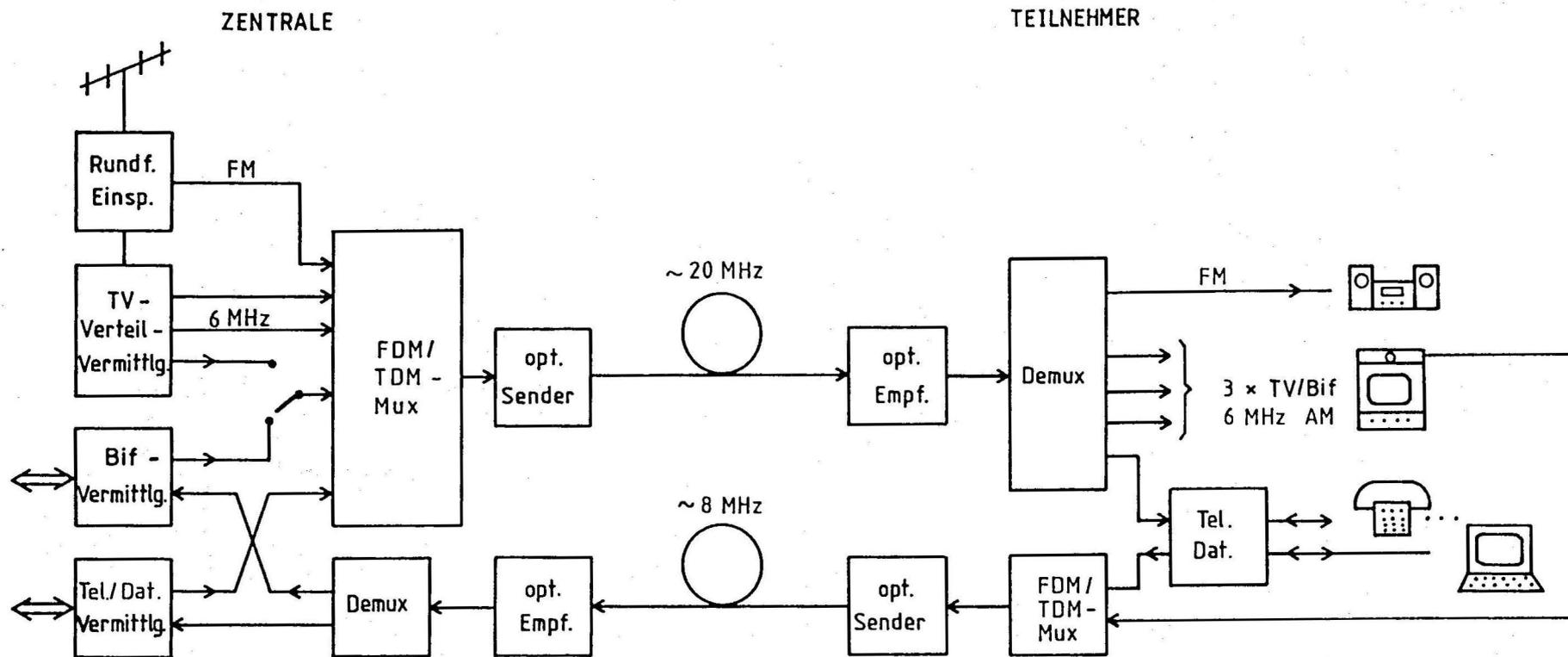


Bild 22: MSLS ( GTE )

<b>Systemname :</b> HHI-Analog-System		<b>Installationsort :</b> Berlin Deutschland		<b>Versuchstyp :</b> Laborsystem	
<b>Hauptanwendung :</b> Breitband Dialog, Verteilung Schmalband Dialog		<b>Zeiten :</b> Planung : 1974 Baubeginn : 1976 Fertigstellung : 1981		<b>Zahl der Teilnehmer :</b> 4 Breitbandtln. ausgeführt (1 davon optisch). 2 Querverbindungen zum HHI dig. System	
<b>Dienste - Angebot und Zahl der Kanäle beim Teilnehmer :</b>		<input checked="" type="checkbox"/> TV - Verteilung : 1 aus 40 für 120 Teilnehmer <input checked="" type="checkbox"/> Bildfernsprechen : 1 (für 40 Teilnehmer 20 Verbindungen gleichzeitig) <input checked="" type="checkbox"/> Rundfunk Vert. : 1 aus 40 für 120 Teilnehmer <input checked="" type="checkbox"/> Fernsprechen : 1 <input checked="" type="checkbox"/> Daten : 1 alternativ zu Fernsprechen <input type="checkbox"/> Sonstiges :			
<b>Vermittlung :</b>		Zentral Fsp/Dat: PAM-Vermittlung BiF: 40x40 Koppelfeld TV, Stereo 40x120 Koppelf.		<b>Netzstruktur :</b> Stern-Netz	
<b>Übertragung :</b>		opt. Modulat.-Verfahren elektr. Modulat.-Verfahren uni./bidirekt. Übertragung opt. Wellenlängenmultiplex elektr. Multiplexen Bitrate / Bandbreite		<b>Zentrale → Teilnehmer</b>	
				<b>Teilnehmer → Zentrale</b>	
		analog		analog	
		analog		analog	
		nein		nein	
		unidirektional		unidirektional	
		Frequenzmultiplex		Frequenzmultiplex	
		110 MHz		30 MHz	
<b>Codierung / Bandbreiten :</b> (Teilnehmer mit optischem Anschluß)		Übertragungsstrecke TV/Bildfernsprechen Rundfunk Fernsprechen Daten Sonstiges		<b>Zentrale → Teilnehmer</b>	
				<b>Teilnehmer → Zentrale</b>	
		Intensitätsmodulation		Intensitätsmodulation	
		AM		AM	
		FM		FM	
		FM		FM	
		FM		FM	
<b>Optik :</b>		Faser : GI-Faser 4,9 dB/km, 1,5 km Sender : V-Nut-Laser (0,83 µm) Empfänger : PIN-Diode λ-Mux : nein			
<b>Besonderheiten / Anmerkungen :</b>					
Das analoge Breitbandnetz wurde gebaut zur Untersuchung von : - Kompatibilitätsproblemen der Dienste mit dem digitalen Breitbandnetz - analogen optischen Teilnehmeranschlußleitungen - Aufbau, Struktur und Steuerung analoger breitbandiger Videokoppelfelder  Als ungeeignet erwies sich die gleichzeitige Übertragung von 4 AM-modulierten TV-Kanälen und 6 FM Rundfunkkanälen, da trotz Trägerverkopplung und Phasenoptimierung die CCITT-Grenzwerte für TV-Übertragung nur knapp erreicht werden konnten.					

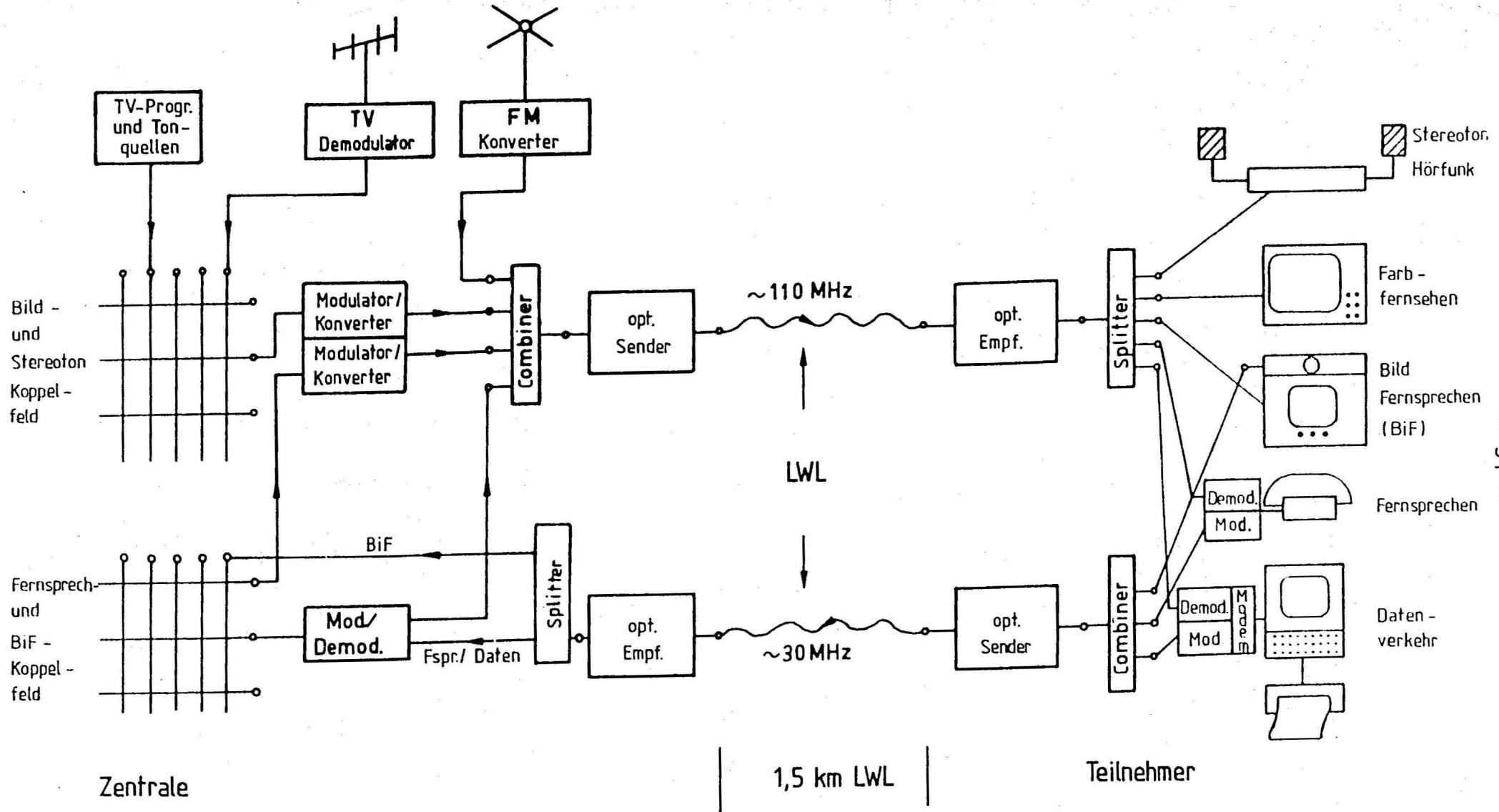


Bild 23: HHI - Analog - System

(s.a. Bild 7)



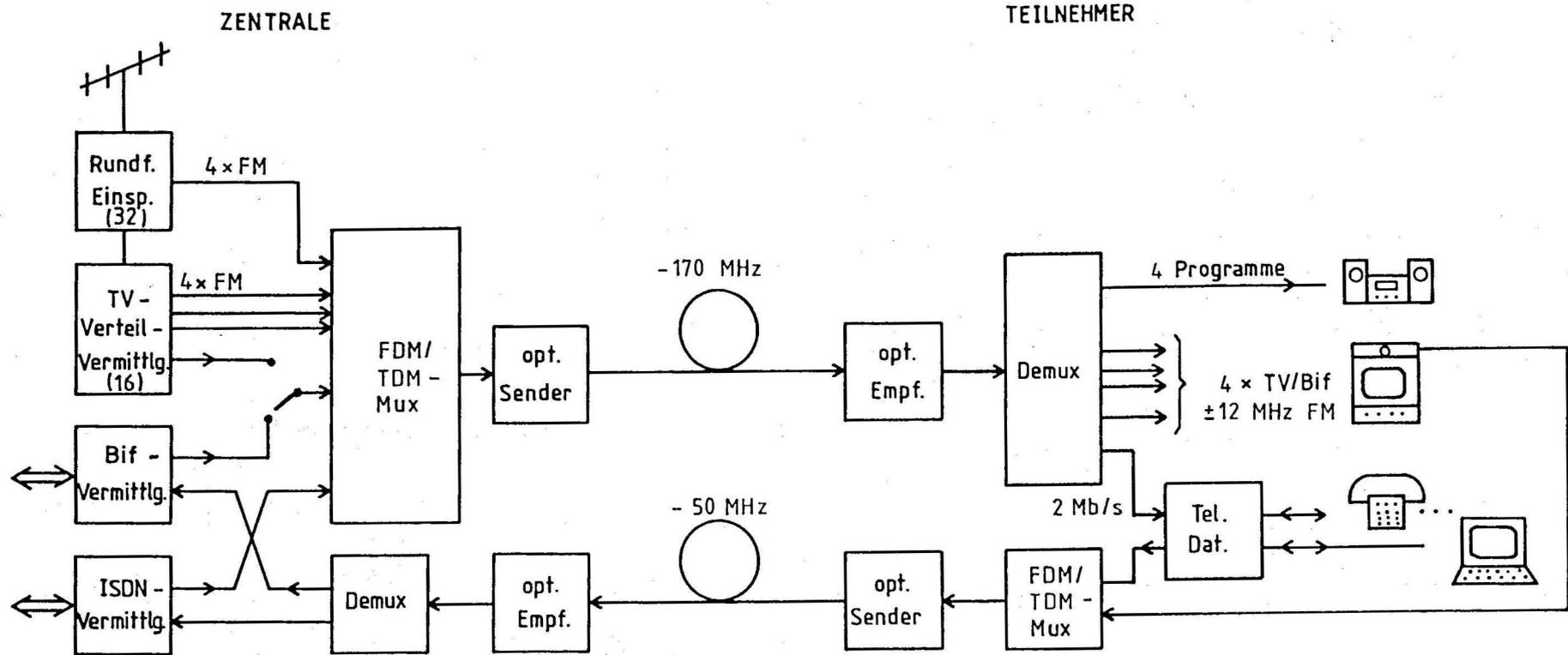


Bild 24: BIGFON (Siemens)



ZENTRALE

TEILNEHMER

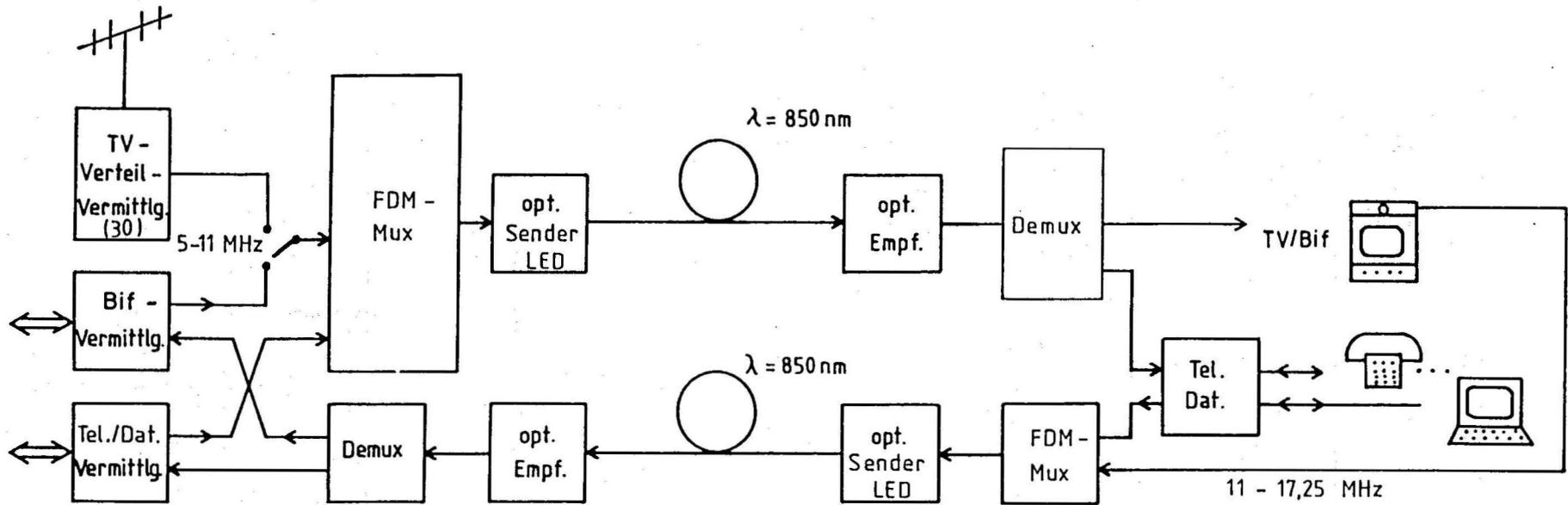


Bild 25: Yorkville Trial

Systemname : Biarritz		Installationsort : Biarritz Frankreich		Versuchstyp : Feldversuch															
Hauptanwendung : Breitband Dialog Schmalband Dialog		Zeiten : Planung : 1979 Baubeginn : 1980 Fertigstellung : 1983		Zahl der Teilnehmer : 1500 (1983) später ~ 6000															
Dienste - Angebot und Zahl der Kanäle beim Teilnehmer :		<input checked="" type="checkbox"/> TV - Verteilung : 2 aus 15 Quellen <input checked="" type="checkbox"/> Bildfernsprechen : 1 <input checked="" type="checkbox"/> Rundfunk Vert. : 1 (2) aus 12 Quellen <input checked="" type="checkbox"/> Fernsprechen : 1 zu BiF <input type="checkbox"/> Daten : <input checked="" type="checkbox"/> Sonstiges : 1 <p style="text-align: right;">} je 64 kbit/s zusammen in 128 kbit/s</p>																	
Vermittlung :		Zentral in den Unterzentralen. BiF Vermittlung aufgebaut aus 8x8 Koppel-feldern, 3-stufig		Netzstruktur : Stern/Stern Zentrale mit 3 Unterzentralen (später 5)															
Übertragung :		opt. Modulat.-Verfahren elektr. Modulat.-Verfahren uni./bidirekt. Übertragung opt. Wellenlängenmultiplex elektr. Multiplexen Bitrate / Bandbreite		<table border="1"> <tr> <td>Zentrale → Teilnehmer</td> <td>Teilnehmer → Zentrale</td> </tr> <tr> <td>analog</td> <td>analog</td> </tr> <tr> <td></td> <td>analog/digital</td> </tr> <tr> <td></td> <td>unidirektional</td> </tr> <tr> <td></td> <td>nein</td> </tr> <tr> <td></td> <td>Frequenzmultiplex</td> </tr> <tr> <td>1 MHz - 90 MHz</td> <td>0,5 MHz - 30 MHz</td> </tr> </table>		Zentrale → Teilnehmer	Teilnehmer → Zentrale	analog	analog		analog/digital		unidirektional		nein		Frequenzmultiplex	1 MHz - 90 MHz	0,5 MHz - 30 MHz
Zentrale → Teilnehmer	Teilnehmer → Zentrale																		
analog	analog																		
	analog/digital																		
	unidirektional																		
	nein																		
	Frequenzmultiplex																		
1 MHz - 90 MHz	0,5 MHz - 30 MHz																		
Codierung / Bandbreiten :		Übertragungsstrecke TV/Bildfernsprechen Rundfunk Fernsprechen Daten Sonstiges		<table border="1"> <tr> <td>Zentrale → Teilnehmer</td> <td>Teilnehmer → Zentrale</td> </tr> <tr> <td>analog IM FM (20 MHz) FM</td> <td>analog IM FM (20 MHz)</td> </tr> <tr> <td colspan="2">} digital je 64 kbit/s; Träger bei 4 MHz bzw. 1 MHz</td> </tr> </table>		Zentrale → Teilnehmer	Teilnehmer → Zentrale	analog IM FM (20 MHz) FM	analog IM FM (20 MHz)	} digital je 64 kbit/s; Träger bei 4 MHz bzw. 1 MHz									
Zentrale → Teilnehmer	Teilnehmer → Zentrale																		
analog IM FM (20 MHz) FM	analog IM FM (20 MHz)																		
} digital je 64 kbit/s; Träger bei 4 MHz bzw. 1 MHz																			
Optik :		Faser : GI-Faser, 50 μ, 4 dB/km < 2 km Sender : Laser zwischen Zentrale/Unterzentrale; LED zum Teilnehmer Empfänger : PIN/APD λ-Mux : nein																	
Besonderheiten / Anmerkungen : Da an dem Feldversuch verschiedene Firmen beteiligt sind, differieren Detailangaben. Obige Werte nach /36/. Telefon bleibt als Kupferanschluß erhalten, der Sprachkanal dient für das Bildfernsprechen als Begleitton und auch als Zugang zum öffentlichen Telefonnetz. Teilnehmeranschluß und -Geräte noch nicht gebaut. Bildfernsprechen anfangs nur schwarz/weiß. Schwerpunkte des Projekts: - Anregung zum Aufbau einer franz. optischen Nachrichtenindustrie - Erfahrung sammeln über den Einfluß von Breitbanddiensten auf eine große Zahl von Teilnehmern																			

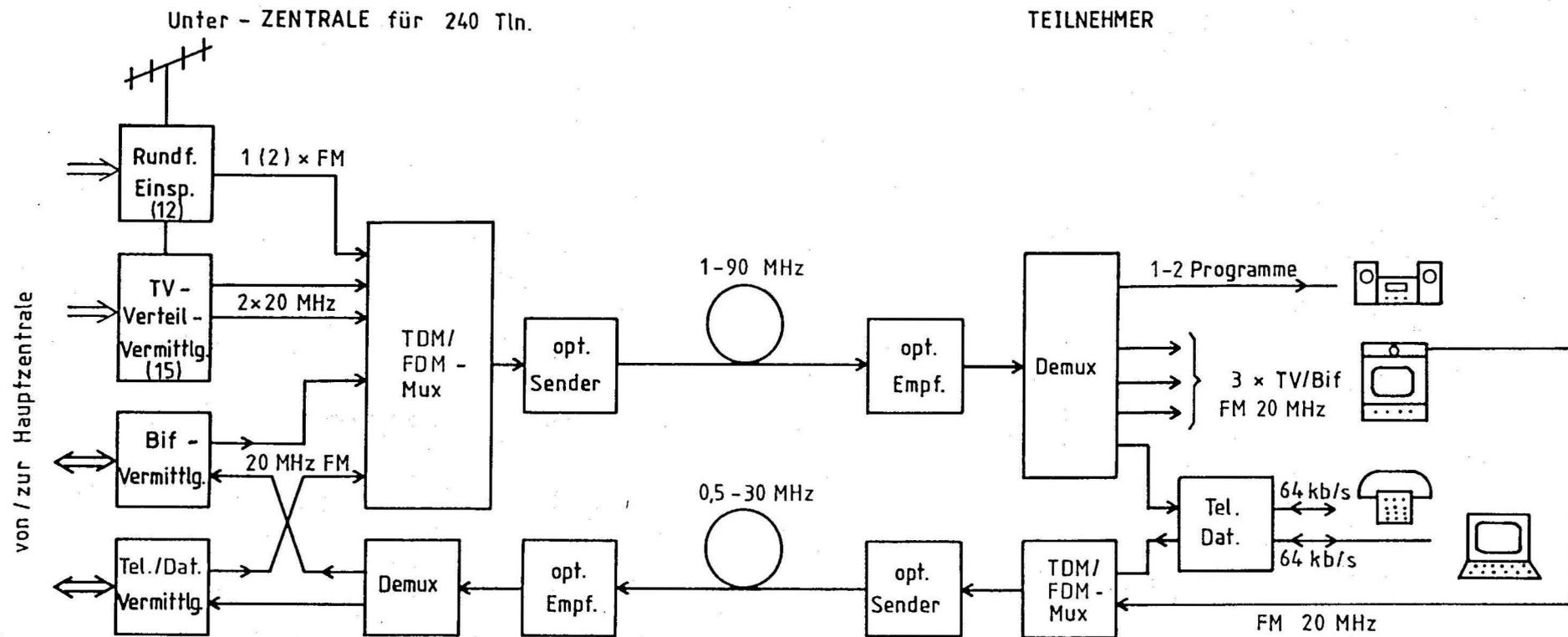


Bild 26: Das Biarritz - System

Systemname : AEG-Berlin-Versuch		Installationsort : Berlin-Wilmersdorf Deutschland		Versuchstyp : Feldversuch	
Hauptanwendung : TV/Rundfunk Verteilung Bildfernsprechen Fernsprechen		Zeiten : Planung : Baubeginn : Fertigstellung : 1980		Zahl der Teilnehmer : 29	
Dienste - Angebot und Zahl der Kanäle beim Teilnehmer :		<input checked="" type="checkbox"/> TV - Verteilung : 2 aus 12 <input checked="" type="checkbox"/> Bildfernsprechen : nur für 3 Anschlüsse gebaut <input checked="" type="checkbox"/> Rundfunk Vert. : 2 aus 24 <input checked="" type="checkbox"/> Fernsprechen : 1 <input type="checkbox"/> Daten : <input type="checkbox"/> Sonstiges :			
Vermittlung :		Zentral Raumkoppelfeld	Netzstruktur :		Stern-Netz
Übertragung :		opt. Modulat.-Verfahren elektr. Modulat.-Verfahren uni./bidirekt. Übertragung opt. Wellenlängenmultiplex elektr. Multiplexen Bitrate / Bandbreite		Zentrale → Teilnehmer	Teilnehmer → Zentrale
				analog	analog
				analog/digital	
				unidirektional	
				nein	
				Frequenzmultiplex	Frequenzmultiplex
				40 - 95 MHz	14 - 39 MHz
Codierung / Bandbreiten :		Übertragungsstrecke TV/Bildfernsprechen Rundfunk Fernsprechen Daten Sonstiges		Zentrale → Teilnehmer	Teilnehmer → Zentrale
				Intensitätsmoduliert	Intensitätsmoduliert
				AM	(AM)
				FM	FM
				digital, Träger ein, aus	
					Programmwahl digital Träger ein, aus
Optik :		Faser : GI, max. 2,6 km Sender : V-Nut-Laser (CWL 2500) Empfänger : PIN-Diode λ-Mux : nein			
<b>Besonderheiten / Anmerkungen :</b> Vorläufer des BIGFON-Projektes. Rein analoge Lösung (außer Fernsprechen). Wegen der verwendeten Amplituden-Modulation für TV ist die Zahl der gleichzeitig zu übertragenen Kanäle begrenzt. Vorhandene TV-Empfänger können jedoch direkt benutzt werden.					

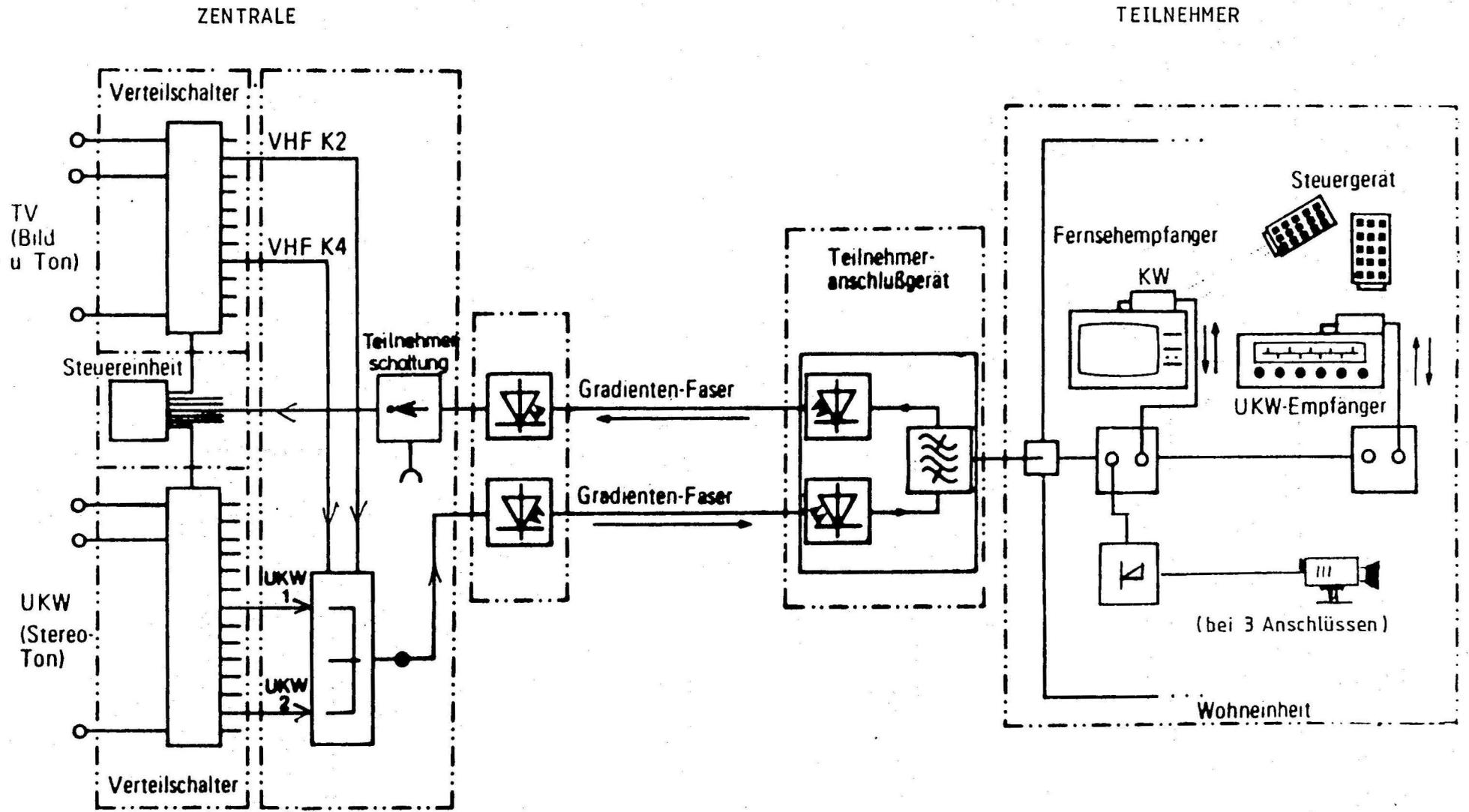


Bild 27 : AEG-Berlin-Versuch /16/



ZENTRALE

TEILNEHMER

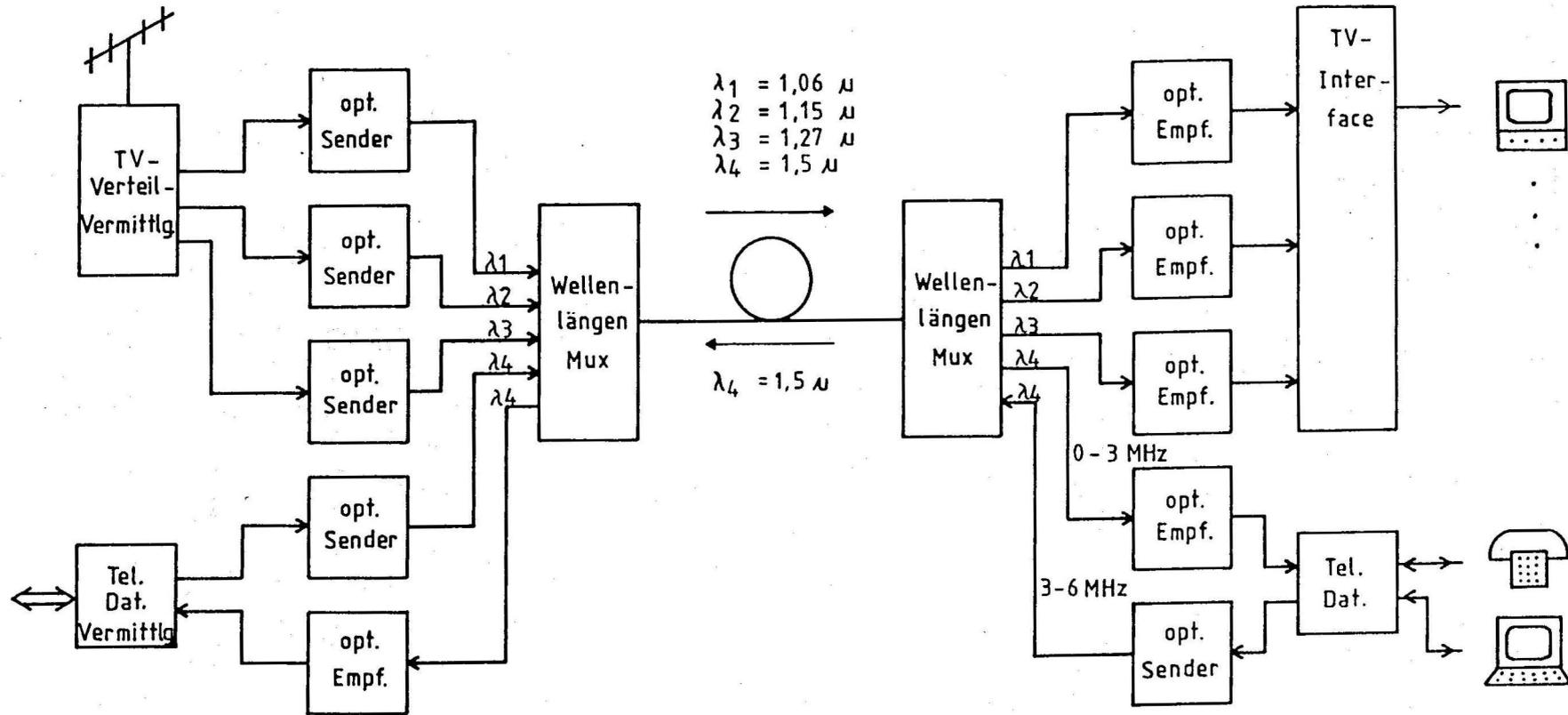


Bild 28: NTT „Longer Wavelength System“ /57/

Systemname : CSELT		Installationsort : Turin Italien		Versuchstyp : Laborversuch															
Hauptanwendung : TV-Verteilung Telefon		Zeiten : Planung : Baubeginn : Fertigstellung : 1981		Zahl der Teilnehmer : ? (1)															
Dienste - Angebot und Zahl der Kanäle beim Teilnehmer :		<input checked="" type="checkbox"/> TV - Verteilung : 1 TV-Programm <input type="checkbox"/> Bildfernsprechen : <input type="checkbox"/> Rundfunk Vert. : <input checked="" type="checkbox"/> Fernsprechen : 1 Fernsprech-Verbindung <input type="checkbox"/> Daten : <input type="checkbox"/> Sonstiges :																	
Vermittlung :		keine Angaben		Netzstruktur : Stern-Netz															
Übertragung :		opt. Modulat.-Verfahren elektr. Modulat.-Verfahren uni./bidirekt. Übertragung opt. Wellenlängenmultiplex elektr. Multiplexen Bitrate / Bandbreite		<table border="1"> <tr> <td>Zentrale → Teilnehmer</td> <td>Teilnehmer → Zentrale</td> </tr> <tr> <td>analog</td> <td>analog</td> </tr> <tr> <td>analog</td> <td>analog (PAM)</td> </tr> <tr> <td colspan="2" style="text-align: center;">bidirektional</td> </tr> <tr> <td colspan="2" style="text-align: center;">ja</td> </tr> <tr> <td>nein</td> <td>nein</td> </tr> <tr> <td>5 MHz (TV)</td> <td></td> </tr> </table>		Zentrale → Teilnehmer	Teilnehmer → Zentrale	analog	analog	analog	analog (PAM)	bidirektional		ja		nein	nein	5 MHz (TV)	
Zentrale → Teilnehmer	Teilnehmer → Zentrale																		
analog	analog																		
analog	analog (PAM)																		
bidirektional																			
ja																			
nein	nein																		
5 MHz (TV)																			
Codierung / Bandbreiten :		Übertragungsstrecke TV/Bildfernsprechen Rundfunk Fernsprechen Daten Sonstiges		<table border="1"> <tr> <td>Zentrale → Teilnehmer</td> <td>Teilnehmer → Zentrale</td> </tr> <tr> <td>analog</td> <td>analog</td> </tr> <tr> <td>Basisband (AM)</td> <td></td> </tr> <tr> <td>PDM</td> <td>PAM</td> </tr> </table>		Zentrale → Teilnehmer	Teilnehmer → Zentrale	analog	analog	Basisband (AM)		PDM	PAM						
Zentrale → Teilnehmer	Teilnehmer → Zentrale																		
analog	analog																		
Basisband (AM)																			
PDM	PAM																		
Optik :		Faser : SI; 200 µm Ø; 5 dB/km; 1,6 km Sender : Laser, LED Empfänger : PIN/APD λ-MUX : Telefon: λ <sub>1,2</sub> = 806 nm, 1060 nm; TV: 900 nm																	
<b>Besonderheiten / Anmerkungen :</b> Laborversuch zum Austesten bidirektionaler Übertragung bei verschiedenen Wellenlängen. Schwerpunkt: optische Fernspeisung. Für Schmalband (Telefon) erzielte Werte: mittlere empfangene Leistung 750 µW Leistungsaufnahme der Teilnehmerstation 150 µW. Das Zusammenfügen bzw. Aufspalten der verschiedenen Wellenlängen erfolgt durch Interferenzfilter mit unterschiedlicher Durchlaßcharakteristik.																			

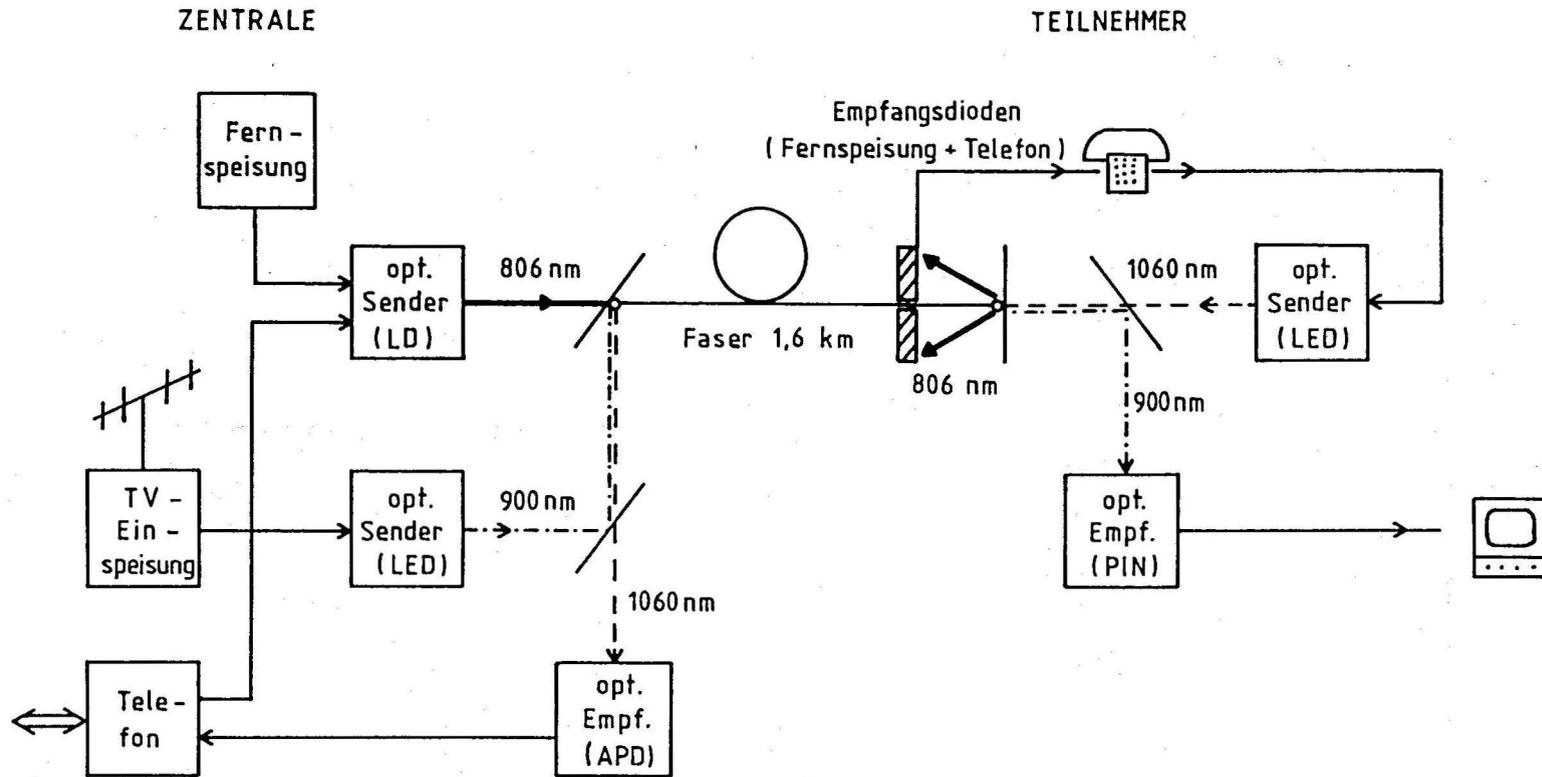


Bild 29 : CSELT /28/

Systemname : ELIE-Manitoba		Installationsort : Elie/St. Eustache Kanada		Versuchstyp : Feldversuch	
Hauptanwendung : TV/Rundfunk Verteilung Telefon/Daten Dialog		Zeiten : Planung : Baubeginn : 1979 Fertigstellung : 1981		Zahl der Teilnehmer : 150	
Dienste - Angebot und Zahl der Kanäle beim Teilnehmer :		<input checked="" type="checkbox"/> TV - Verteilung : 1, max. 2 aus 9 Quellen <input type="checkbox"/> Bildfernsprechen : <input checked="" type="checkbox"/> Rundfunk Vert. : 7 im FM-Band (24 - 27 MHz) <input checked="" type="checkbox"/> Fernsprechen : PCM-Kanal <input checked="" type="checkbox"/> Daten : in 56 kbit/s <input checked="" type="checkbox"/> Sonstiges : Telidon (vergleichbar Bildschirmtext) (4,8 kbit/s in 56 kbit/s)			
Vermittlung :		Zentral, in Zentrale oder abge- setzter Vermittlung		Netzstruktur : Stern/Stern	
Übertragung :		opt. Modulat.-Verfahren elektr. Modulat.-Verfahren uni-/bidirekt. Übertragung opt. Wellenlängenmultiplex elektr. Multiplexen Bitrate / Bandbreite		Zentrale → Teilnehmer      Teilnehmer → Zentrale  analog IM                      analog IM analog/digital unidirektional, vereinzelt bidirektional für 40 Anschlüsse FDM                              TDM 192 Kbit/s, FSK 5 - 60 MHz                      0 - 5 MHz	
Codierung / Bandbreiten :		Übertragungsstrecke TV/Bildfernsprechen Rundfunk Fernsprechen Daten Sonstiges		Zentrale → Teilnehmer      Teilnehmer → Zentrale  5 - 60 MHz analog              5 - 60 MHz analog AM FM, 7 Kanäle PCM                              Zeitmultiplexsystem; 56 kbit/s                      FSK-Modulation abwärts Signalisier.                      2-Phasenmod. aufwärts	
Optik :		Faser : GI; < 4 dB/km; 50 µm; 5 km; 9 km (Fernverbindung) Sender : LD/LED 840 nm, 930 nm Empfänger : λ-Mux : nur versuchsweise			
Besonderheiten / Anmerkungen : Erprobung integrierter optischer Nachrichtennetze in ländlichen Gegenden, da dort die Kommunikationstechnik sehr wenig entwickelt (bis zu 10 Teilnehmer je Telefonleitung). Ein Zubringerkabel (Trunk, 9 km) versorgt die abgesetzten Vermittlungen mit Telefon (1,544 Mbit/s); Daten (6,312 Mbit/s), 9 Videokanäle und ein Rundfunkkanal getrennt auf einzelnen Fasern. Digitaler Kanal für Fernsprechen, Daten usw.					

ZENTRALE

TEILNEHMER

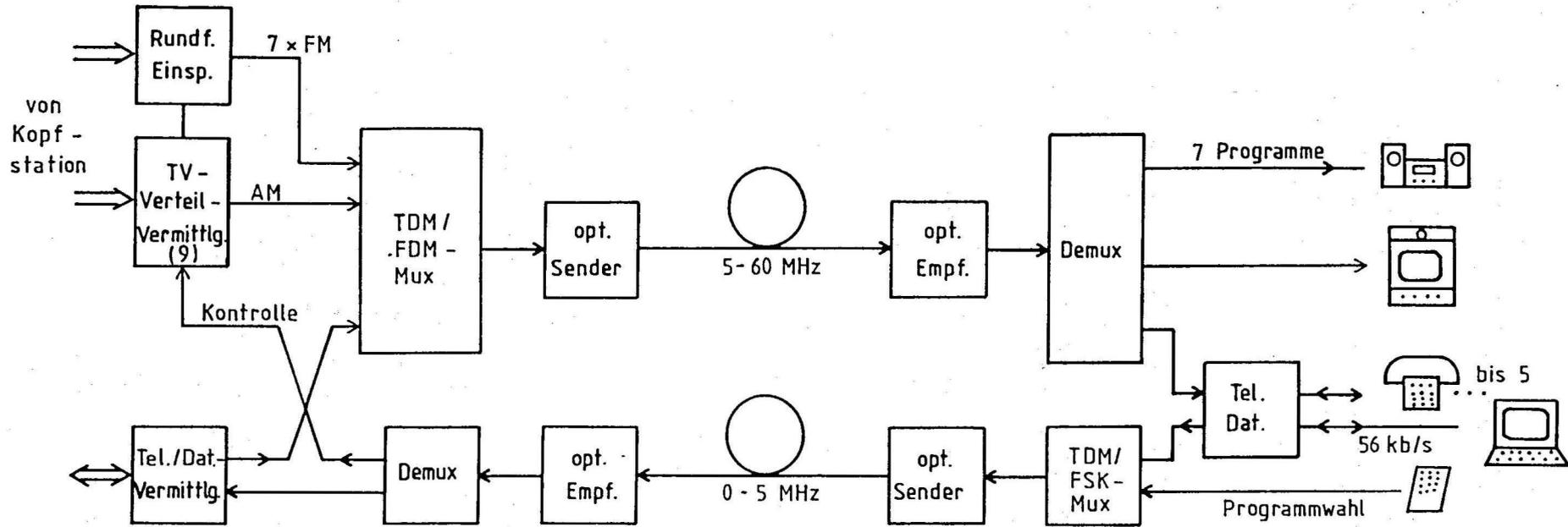


Bild 30: Elie Manitoba - System

Systemname : HI-OVIS		Installationsort : Osaka Japan		Versuchstyp : Feldversuch	
Hauptanwendung : TV/Rundfunk Verteilung		Zeiten : Planung : 1972 Baubeginn : 1976 Fertigstellung : 1978		Zahl der Teilnehmer : 168 wenige mit Kamera	
Dienste - Angebot und Zahl der Kanäle beim Teilnehmer :		<input checked="" type="checkbox"/> TV - Verteilung : 1 aus 9 Quellen <input checked="" type="checkbox"/> Bildfernsprechen : 1 (nur Teilnehmer - Zentrale) <input checked="" type="checkbox"/> Rundfunk Vert. : 1 <input type="checkbox"/> Fernsprechen : <input type="checkbox"/> Daten : <input checked="" type="checkbox"/> Sonstiges : Kontrolle			
Vermittlung :		Zentral		Netzstruktur : Stern/Stern (3 Untervermittlungen)	
Übertragung :		opt. Modulat.-Verfahren elektr. Modulat.-Verfahren uni-/bidirekt. Übertragung opt. Wellenlängenmultiplex elektr. Multiplexen Bitrate / Bandbreite		Zentrale → Teilnehmer	
				Teilnehmer → Zentrale	
		analog analog, TV Basisband		analog analog, TV Basisband unidirektional nein FDM 0 - 6,5 MHz	
Codierung / Bandbreiten :		Übertragungsstrecke TV/Bildfernsprechen Rundfunk /Ton Fernsprechen Daten Sonstiges		Zentrale → Teilnehmer	
				Teilnehmer → Zentrale	
		analog AM 4,5 MHz FM ±25 kHz		analog AM 4,5 MHz FM ±25 kHz AM 200 Baud	
Optik :		Faser : SI, 10 dB/km; 1,3 km max. im Teilnehmerbereich Sender : LED Empfänger : PIN λ-Mux : nein			
<b>Besonderheiten / Anmerkungen :</b> HI-OVIS ist das erste größere Verteilsystem, daß optische Übertragung in einem Feldversuch einsetzt. Es wurde in 2 Abschnitten erstellt (72 - 76 und 76 - 78). In dem 2. Teil des groß angelegten Feldversuches wurden 160 Heimplätze und 8 Büroplätze angeschlossen. Aus rechtlichen Gründen war keine End-End-Kommunikation (Fernsprechen/Bildfernsprechen) zugelassen. Dialogmöglichkeiten bestehen nur zwischen Teilnehmer und Zentrale.					

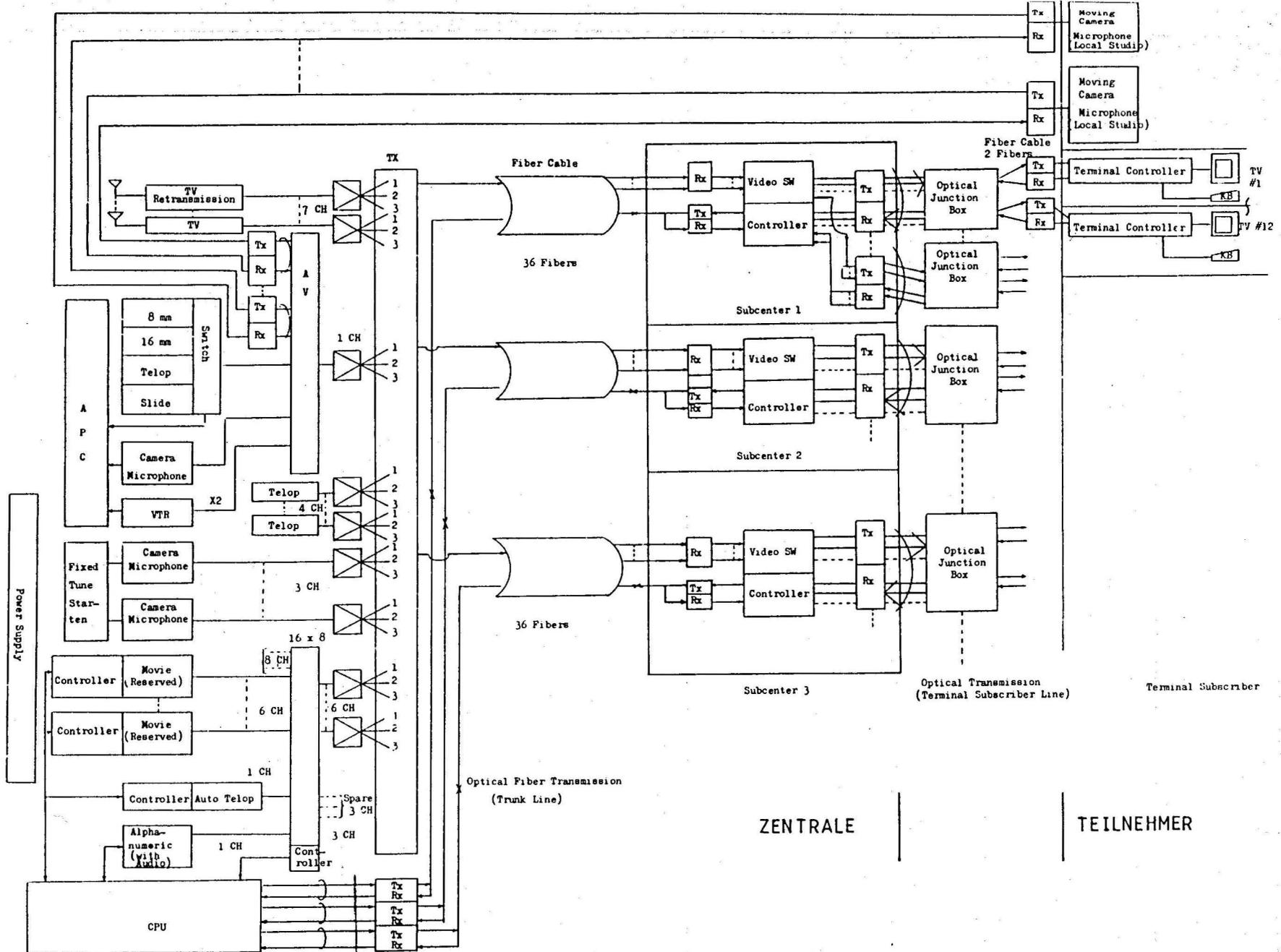


Bild 31: Hi - OVIS / 53 /

Systemname : NTT CATV-Verteil System		Installationsort : Yokusuka Japan		Versuchstyp : Feldversuch	
Hauptanwendung : HDTV/TV-Verteilssystem		Zeiten : Planung : Baubeginn : 1980 Fertigstellung : 1981		Zahl der Teilnehmer : 4	
Dienste - Angebot und Zahl der Kanäle beim Teilnehmer :		<input checked="" type="checkbox"/> TV - Verteilung : 1 HDTV-Kanal, 7 - 8 VHF-Kanäle <input type="checkbox"/> Bildfernsprechen : <input type="checkbox"/> Rundfunk Vert. : <input type="checkbox"/> Fernsprechen : <input type="checkbox"/> Daten : <input type="checkbox"/> Sonstiges :			
Vermittlung :		nur Verteilung keine Vermittlung		Netzstruktur : Stern-Netz	
Übertragung :		opt. Modulat.-Verfahren elektr. Modulat.-Verfahren uni-/bidirekt. Übertragung opt. Wellenlängenmultiplex elektr. Multiplexen Bitrate / Bandbreite		Zentrale → Teilnehmer      Teilnehmer → Zentrale  analog PAM analog Basisband, VHF unidirektional ja  30 MHz; 70-222 MHz	
Codierung / Bandbreiten :		Übertragungsstrecke TV/Bildfernsprechen Rundfunk Fernsprechen Daten Sonstiges		Zentrale → Teilnehmer      Teilnehmer → Zentrale  analog PAM analog FDM	
Optik :		Faser : GI; 4 dB/km; 2 km Sender : Laser: 0,86 μ; 0,8 μ Empfänger : SI APD λ-MUX : 0,8 und 0,86 μ			
<b>Besonderheiten / Anmerkungen :</b> Eines der 3 an dem Yokusuku-Feldversuch beteiligten optischen Breitbandssysteme (Business-, Home Use- und CATV-System). Schwerpunkt war die Übertragung im Wellenlängenmultiplex, nicht Dienste und Vermittlung. Zur optischen Übertragung der TV-Signale wird PAM verwendet. In dem CATV-System wurde HDTV, VHF-Mehrkanalübertragung und ein 10-fach Sternkoppler erprobt.					

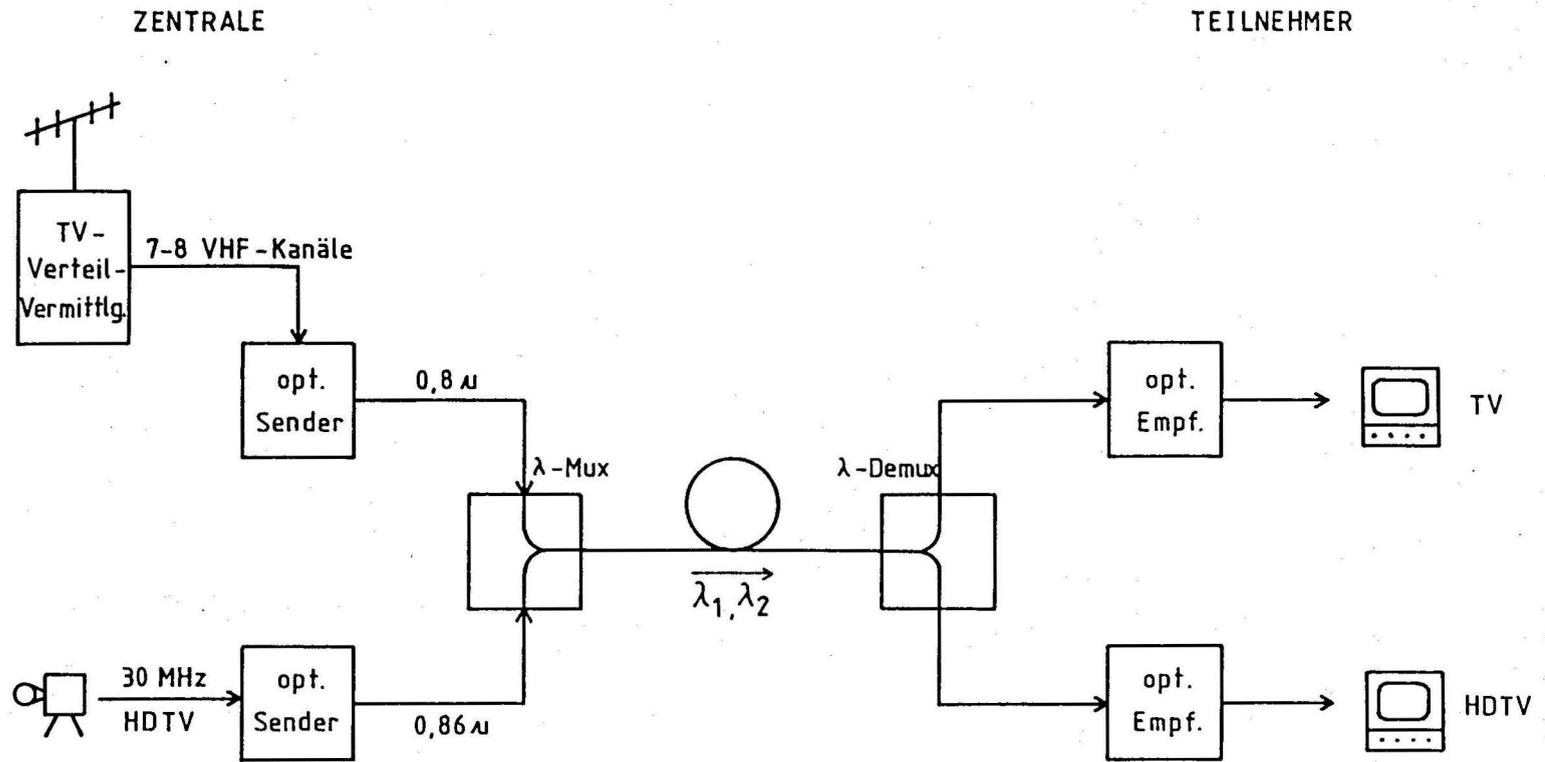


Bild 32: NTT CATV Verteil - System

Systemname : Milton Keynes Versuch		Installationsort : Milto-Keynes England		Versuchstyp : Feldversuch	
Hauptanwendung : TV/Rundfunk Verteilung		Zeiten : Planung : 1980 Baubeginn : 1981 Fertigstellung : 1982		Zahl der Teilnehmer : 18	
Dienste - Angebot und Zahl der Kanäle beim Teilnehmer :		<input checked="" type="checkbox"/> TV - Verteilung : 1. Faser: TV <input type="checkbox"/> Bildfernsprechen : <input checked="" type="checkbox"/> Rundfunk Vert. : <input type="checkbox"/> Fernsprechen : <input type="checkbox"/> Daten : <input type="checkbox"/> Sonstiges : <div style="float: right; margin-left: 20px;">} 2. Faser: TV/Rundfunk</div>			
Vermittlung :		Abgesetzte Vermittlungseinheiten für 36 Teilnehmer		Netzstruktur : Stern/Stern	
Übertragung :		opt. Modulat.-Verfahren elektr. Modulat.-Verfahren uni./bidirekt. Übertragung opt. Wellenlängenmultiplex elektr. Multiplexen Bitrate / Bandbreite		Zentrale → Teilnehmer	
				Teilnehmer → Zentrale	
Codierung / Bandbreiten :		Übertragungsstrecke TV/Bildfernsprechen Rundfunk Fernsprechen Daten Sonstiges		Zentrale → Teilnehmer	
				Teilnehmer → Zentrale	
Optik :		Faser : GI; 50 µ; 4 dB/km; 10 dB/km Sender : LED Empfänger : APD, PIN λ-Mux : nein			

**Besonderheiten / Anmerkungen :**

Ziel des absichtlich klein gewählten Feldversuchs ist es, das Interesse der Teilnehmer an Breitbanddiensten anzuregen und Erfahrung zu gewinnen auf den Gebieten:  
 Optische Komponenten, Feldversuche mit optischen Systemen und Teilnehmerakzeptanz.  
 PFM-Modulation wurde gewählt, weil mit vertretbarem Aufwand eine hohe Qualität für Video-Übertragung erreicht wurde.  
 Abgesetzte Vermittlungseinheiten (Distribution Point) werden eingesetzt, um Kabel im Teilnehmerbereich einzusparen.

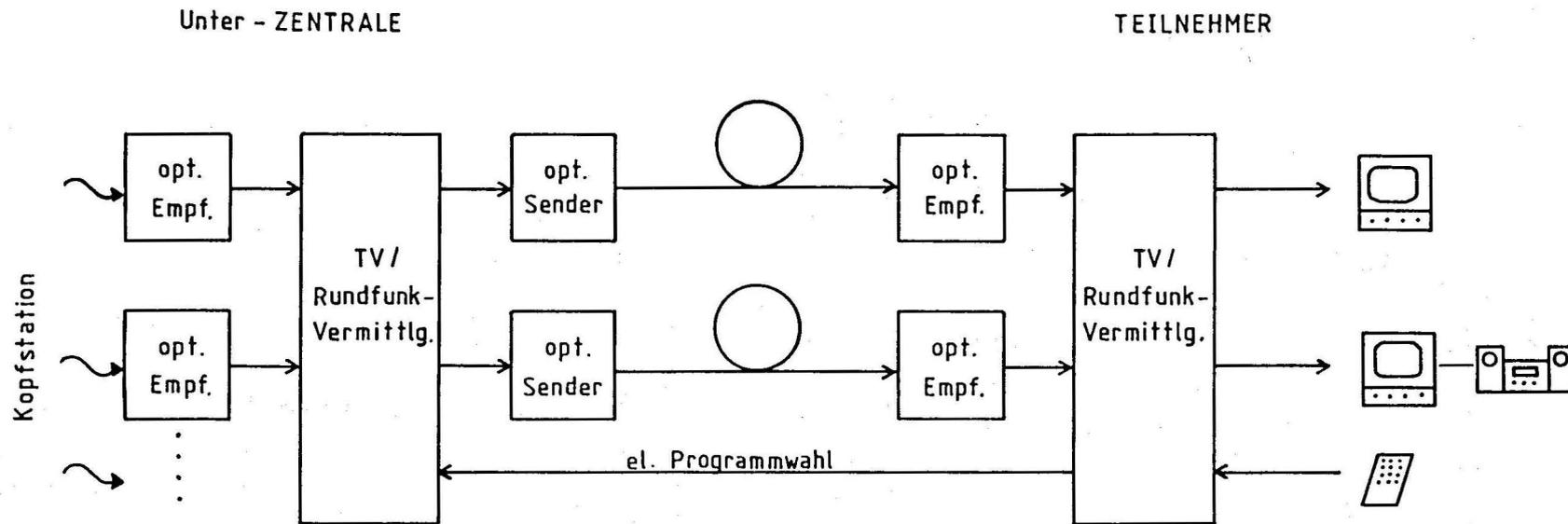


Bild 33: Milton Keynes - System

#### 4. Tabellarische Übersicht

Die wesentlichen Eigenschaften der in Kap. 3 vorgestellten Systeme sind in der folgenden Tabelle zusammengefaßt.

Dabei wurde die gleiche Reihenfolge der Systeme wie in Kap. 3 beibehalten. Die ersten 12 Systeme verwenden rein digitale optische Übertragung. Die nächsten 3 Systeme setzen die Wellenlängenmultiplextechnik ein und modulieren die Lichtintensität der unterschiedlichen Wellenlängen (bis zu 5) sowohl analog als auch digital.

Die verbleibenden 12 Systeme arbeiten mit analoger optischer Übertragung, wobei jedoch große Unterschiede in der Modulation der elektrischen Signale bestehen. Die Beachtung dieser Unterschiede ist wichtig, da die elektrischen Modulationsverfahren unterschiedlich empfindlich gegen Nichtlinearitäten des (optischen) Übertragungswegs sind. Auf die Anordnung der Systeme in der Tabelle wurde in Kap. 3 (Bild 6) eingegangen.

In der letzten Spalte der Tabelle befinden sich die entsprechenden Literaturverweise.

SYSTEM NAME (Vers. 24.5.83)	Ort	Verwendung [1],[2]	Status Zeit: P/A/B[4]	Zahl der Teilnehmer	Vermittlungs- Topologie	Übertragung				Breitband		Audio(St.) (Z->T)	Sch (Z->T)
						analogs/ digital	Multiplex- verfahren	[5] Z->T[7]	Bandbreiten T->Z	TU/Bif, Codierung Z->T	T->Z		
1 HHI Digital System	Berlin Deutschland	BB Dialos SB Dialos	Laborversuch 74/76/81	6	Dezentral Linienetz	Disital	SDM(2Fasern) Unidirektional	TDM 280/140Mb/s	TDM 280/140Mb/s	3(1+2)[8] 2[8] DPCM(65.536Mb/s)	32[8] PCM	Fsp 64K	
2 DOTAN (FI/FTZ)	Darmstadt Deutschland	BB Dialos SB Dialos	Laborversuch /81/84	wenige	Zentral Stern	Disital	WDM(2W1) Bidirektional	TDM(1300nm) 280Mb/s	TDM(850nm) 80Mb/s	3 aus 15 1 DPCM(68.75Mb/s)	24 in 34.368Mb/s PCM(896Kb/s)	2.0	
3 SAFO	Ville du Bois Frankreich	BB Dialos SB Dialos	Laborversuch 82/ /	?	Zentral Stern	Disital	WDM(6W1) Bidirektional	w1-2:TV(dis.) w3:Bif, w4:Fsp usw. w6:Fsp usw.	w5:Bif w6:Fsp usw.	3(2+1) Je 1 in 96Mb/s	1. PCM in 2Mb/s	2Mb	
4 BIGFON (AEG/ANT)	Duesseldf. Hannover	BB Dialos SB Dialos	Feldversuch 80/81/83	28 an 2 Orten (Je 6 mit Bif)	Zentral Stern	Disital	SDM(2Fasern) Uni/Bidirekt.	TDM 274.944Mb/s	TDM 137.472Mb/s	3(2+1) 1 DPCM(68.736Mb/s)	32St+1Mo in 34.368Mb/s PCM(1.024Mb/s)	3x1 in	
5 BIGFON (SEL)	Berlin Stuttgart	BB Dialos SB Dialos	Feldversuch 80/81/83	28 an 2 Orten (Je 6 mit Bif)	Zentral Stern	Disital	WDM(2W1)[6] Bidir. 2Fasern	TDM&WDM 168Mb/s x 2W1	TDM 168Mb/s	2(3 mit 2Fs.) 1 PCM(111.41Mb/s)	15St in 13.9Mb/s PCM(896Kb/s)	176 (2x)	
6 BIGFON (TE KA DE / PKI)	Nuernberg Hamburg	BB Dialos SB Dialos	Feldversuch 80/81/83	28 an 2 Orten (Je 6 mit Bif)	Zentral Stern	Disital	WDM(3W1) Bidir. 2Fasern	TDM&WDM 3x140Mb/s+40.9Mb/s	TDM 140Mb/s	3(2+1) 1 1bit-Cod.(140Mb/s)	24 PCM(1.28Mb/s)	2.5	
7 BIGFON (FUBA)	Hannover Deutschland	BB Dialos SB Dialos	Feldversuch 80/81/83	48 10 mit Bif	Zentral Stern	Disital	SDM(2Fasern) Unidirektional	TDM 540Mb/s	TDM 135Mb/s	3(2+1) aus 16 1 PCM(121.65Mb/s)	24 PCM(896Kb/s)	10x in	
8 BIGFON (KRONE)	Berlin Deutschland	BB Dialos SB Dialos	Feldversuch 80/81/83	48 10 mit Bif	Zentral Stern	Disital	WDM(4W1) Bidirektional	TDM&WDM 140Mb/s x 3W1	TDM 140Mb/s	2(1+1) 1 PCM(121.65Mb/s)	24 PCM(1.024Mb/s)	2.0	
9 NTT All Digital System	Yokosuka Japan	BB Verteil SB Dialos	Laborversuch / /80	wenige	Zentral Stern	Disital	WDM(6W1) Bidirektional	w1-4:TV(96.6Mb/s) w5:TDM(1.024Mb/s)	w6:TDM(1.024Mb/s)	4 0 PCM(85.92Mb/s)	0	1.0 AWI	
10 Intesrated Network	Lynsby Daenemark	BB Verteil SB Dialos	sep. Feldver. 78/78/83	200*500 seplant	Zentral Stern	Disital	SDM(3Fasern) Unidirektional	TDM 140Mb/s x 2Fs.	TDM 2176Kb/s	2 aus 8 0 PCM(104.448Mb/s)	22 PCM	217	
11 Broadband Intesr. Network	Lynsby Daenemark	BB Verteil SB Dialos	Systementwurf. 79/ /	?	Zentral Stern	Disital	SDM(3Fasern) Unidirektional	TDM 140Mb/s x 2Fs.	TDM 4096Kb/s	2 aus 12 0 PCM	21St. + 10Mono PCM	204	
12 Adv. Intesr. Network	Lynsby Daenemark	BB Verteil SB Dialos	Systementwurf. 80/ /	?	Zentral Stern	Disital	SDM(2Fasern) Unidirektional	TDM 270Mb/s	TDM 4Mb/s	3 aus 15 0 DPCM(70Mb/s)	39 PCM	204	
13 NTT Home Use System	Yokosuka Japan	BB Dialos SB Dialos	Feldversuch /80/81	2	Zentral Stern	Analogs Disital	WDM(5W1) Bidirektional	w1-2:TV(Basisb.) w3:TDM(1.5Mb/s)	w4:TV(Basisb.) w5:TDM(1.5Mb/s)	1TV(AM,4MHz) 1 +1HDTV(AM,30MHz)	0	1.5	
14 NTT Business Use System	Yokosuka Japan	BB Dialos SB Dialos	Feldversuch /80/81	2	Zentral Stern	Analogs Disital	WDM(4W1) Bidirektional	w1:TV(Basisb.) w2:TDM(6.3Mb/s)	w3:TV(Basisb.) w4:TDM(6.3Mb/s)	1 1 AM(4MHz)	0	6.3	
15 INS-Model System	Tokyo/Mitaka JAPAN	BB Verteil SB Dialos	Feldversuch 80/82/83	?	Zentral Stern	Analogs Disital	WDM(4W1)	?	?	? 4MHz-Analogs	?	6.3	
16 MSLS(GTE)	Boston USA	BB Dialos SB Dialos	Laborversuch / /80	15 (Stand Ende '80)	Zentral Stern	Analogs	SDM(2Fasern) Unidirektional	FDM 20 MHz	FDM ~8 MHz	3 1 AM	1 oder 2 FM(225KHz)	256 Tra	
17 HHI Analogs System	Berlin Deutschland	BB Dialos SB Dialos	Laborversuch 74/76/81	4 Breitband (1 Tln. opt.)	Zentral Stern	Analogs	SDM(2Fasern) Unidirektional	FDM 110MHz	FDM 30MHz	4(3+1) 1 AM	4 FM	Fsp FM	
18 BIGFON (SIEMENS / SAG)	Muenchen Berlin	BB Dialos SB Dialos	Feldversuch 80/81/83	28 an 2 Orten (Je 6 mit Bif)	Zentral Stern	Analogs	SDM(2Fasern) Uni/Bidirekt.	FDM 170MHz	FDM 50MHz	4 (3+1) 1 FM(24MHz)	4 aus 32 PCM(896Kb/s)	1.2 (16)	
19 Yorkville Trial	Toronto Kanada	BB Dialos SB Dialos	Feldversuch 77/78/78	41 (wenige mit TV/Bif)	Zentral Stern	Analogs	FDM Bidirekt. 5 Tln. unidir.	FDM 12 MHz	FDM 18 MHz	1 1 AM(6MHz)	0	Fsp son	
20 BIARRITZ	Biarritz Frankreich	BB Dialos SB Dialos	Feldversuch 79/80/83	1500 (bis ~6000)	Zentral Stern	Analogs	SDM(2Fasern) Unidirektional	FDM 90MHz	FDM 30MHz	2(15) +1 Bif 1 FM(20MHz)	1 aus 12 FM	128	
21 AEG-Berlin Versuch	Berlin Deutschland	BB Dialos SB Dialos	Feldversuch / /80	29 (3 mit Bif)	Zentral Stern	Analogs	SDM(2Fasern) Unidirektional	FDM 100MHz	FDM 40MHz	2 aus 12 1 AM	2 aus 24 FM	Fsp ein	
22 NTT Longer Wave-length System	Yokosuka Japan	BB Verteil SB Dialos	Laborversuch / /80	wenige	Zentral Stern	Analogs	WDM&FDM Bidirektional	w1-3:TV(Basisb.) w4:FDM(0-3 MHz)	w4:FDM(3-6 MHz)	3 0 AM	0	Fsp Dat	
23 CSELT	Turin Italien	BB Verteil SB Dialos	Laborversuch / /81	wenige	Zentral Stern	Analogs	WDM(3W1) Bidirektional	w1:TV(Basisb.) w2:Fsp(PDM)	w3:Fsp(PAM)	1 0 AM	0	Fsp	
24 ELIE Manitoba	Elie Kanada	BB Verteil SB Dialos	Feldversuch /79/81	150	Zentral Stern	Analogs	WDM(versuchsw.) Uni/Bidirekt.	FDM 60MHz	TDM/FSK -5MHz	2 aus 12 0 AM	7 FM	196 TDM	
25 Hi-OVIS	Osaka Japan	BB Verteil[3]	Feldversuch 72/76/78	168	Zentral Stern	Analogs	SDM(2Fasern) Unidirektional	FDM 6MHz	FDM 6.6MHz	1 aus 9 1 AM(4.5MHz)	1 FM(50KHz)	Cnt AM(6)	
26 NTT CATV System	Yokosuka Japan	BB Verteil	Feldversuch /80/81	4	Zentral Stern	Analogs	WDM(2W1) Unidirektional	w1:TV(VHF) w2:HDTV(Basisb.)	0	VHF(7-BMPX,AM) 0 +HDTV(AM,30MHz)	0	0	
27 MILTON KEYNES	Milton Keynes Ensland	BB Verteil	Feldversuch 80/81/82	18	Zentral Stern	Analogs	SDM(2Fasern) Unidirektional	SDM(2Fasern) PFM(30MHz)	elektr. Programmwahl	2(oder 1+1Audio) 0 PFM(25MHz +/- 5MHz)	8MHz FM -Band	0	

[1] BB: Breitband (TV, Bildfernsehen, Audio)  
[2] SB: Schmalband (Daten, Fernsprechen, Fernwirken)  
[3] Hi-Ovis verfuert ueber BB - Rueckkanal, der jedoch  
nicht fuer End-End Kommunikation genutzt wird  
[4] P: Planung; A: Anfang; B: Betrieb;

[5] SDM: Raumvielfach(mehrere Fasern)  
WDM: Wellenlaendernmultiplex auf einer Faser  
FDM: elekt. Summensignal Frequenzmultiplex  
TDM: Zeitmultiplex  
[6] Fuer mehr als 2 Bildkanale: 2te Faser

[7]  
[8]

Übertragung		Breitband		Schmalband		Optik			Besonderheiten/Anmerkungen		
Z->T[Z]	Bandbreiten T->Z	TV/Bif, Codierung Z->T	T->Z	Audio(St.) (Z->T)	(Z->T)	Faser Type	Faser Laense	Opt. Sender/ Empfänger			
TDM	280/140Mb/s	TDM	280/140Mb/s	3(1+2)[8]	2[8]	32[8] PCM	Fsp:Delta-mod. 64Kb/s x 253[8]	GI-Faser (5.2dB/Km)	4.5Km 150Km(total)	LD(V-Nut) PIN	Funktions- und Technologieversuch; Dienstinteg.; digit. BB-Netz mit dez. Vermittlung u. Linien/Linien-Strukt. fuer BB
TDM	1300nm 280Mb/s	TDM	850nm 80Mb/s	3 aus 15	1	24 in 34.368Mb/s PCM(896Kb/s)	2.048Mb/s	GI-Faser (1.5dB/Km)	7Km(max)	LD(850nm),APD;T->Z LD(1300nm),PIN;Z->T	Volldigitales dienstinteg. opt. Teilnehmeranschlussnetz; Ziel: BIGFON-Vorschlaesen sedeneuberstellen [72]
w1-2:TV(dis.) w3:Bif, w4:Fsp usw.	w5:Bif w6:Fsp usw.	3(2+1) Je	1	1	1	PCM in 2Mb/s	2Mb/s	?	?	?	Technik + Kost. fuer opt. BB-Netze sollen untersucht werden; Resultat: Fsp.heute ~600\$, BB-Tln: 1500-2000\$(250000Ans./Jahr)
TDM	274.944Mb/s	TDM	137.472Mb/s	3(2+1)	1	32St+1Mo in 34.368Mb/s PCM(1.024Mb/s)	3x144Kb/s in 2.048Mb/s	GI-Faser (3.5dB/Km)	6.5Km(max)	LD (V-Nut) PIN	3 Betriebsarten: SB, BB, Powerdown-> unterschiedl.Uebertr.-Raten auf den Fasern; CMI-Coder fuer Jeden 70Mb/s Video-Kanal
TDM&WDM	168Mb/s x 2W1	TDM	168Mb/s	2(3 mit 2Fs.)	1	15St in 13.9Mb/s PCM(896Kb/s)	176Kb/s (2x88Kb/s)	GI-Faser (3dB/Km)	5Km(max)	LD(850nm),APD;Z->T LD(1300nm),PIN;FET;Z->T	Gleich Wellenl.(1300nm) fuer Hin/Rueckrichtung auf einer Faser 5B/6B Cod.; Video: geschlossen 8bit PCM incl. TV Stereo Ton.
TDM&WDM	3x140Mb/s+40.9Mb/s	TDM	140Mb/s	3(2+1)	1	24 PCM(1.28Mb/s)	2.56Mb/s	GI-Faser	3-5Km	LD/APD	Tln mit nur 1 TV Anschluss; nur 1 Faser bestueckt (bidirek.); 1 Bit TV -Codierung (140Mb/s)
TDM	540Mb/s	TDM	135Mb/s	3(2+1) aus 16	1	24 PCM(896Kb/s)	10x144Kb/s in 2Mb/s	GI-Faser	5Km	LD(850nm) APD	BIGFON-System mit groesster Bitrate zum Teilnehmer; TV/Bif geschlossen codiert, Ton separat; 10 ISDN Kanale Z->Tln.
TDM&WDM	140Mb/s x 3W1	TDM	140Mb/s	2(1+1)	1	24 PCM(1.024Mb/s)	2.048Mb/s	GI-Faser 3dB/Km	8Km	LD/APD	Raum/Zeit-Koppelfeld fuer Video, Bif; PCM30 vom/zum Tln fuer SB
w1-4:TV(96.6Mb/s) w5:TDM(1.024Mb/s)	w6:TDM(1.024Mb/s)	4	0	0	0	1.024Mb/s AWI-IM	1.024Mb/s	GI-Faser (1.5dB/Km)	4Km	LD(800-875nm),APD LED(1060,1300nm),APD	4 Wellenl.:826,849nm(800+875 optional) fuer dis. TV(85.92Mb/s+ 396Kb/s Ton); 1060nm -> Tln. u. 1300nm -> Zentr. fuer Fsp+Dat.
TDM	140Mb/s x 2Fs.	TDM	2176Kb/s	2 aus 8	0	22 PCM	2176Kb/s	?	?	LED PIN	Feldversuch aehn. 'Broadb.Integr.Netw.' mit sedendertem Rahmenaufbau; Z->Distr.Point optisch;Tln.Anschlusslts. elektr.
TDM	140Mb/s x 2Fs.	TDM	4096Kb/s	2 aus 12	0	21St. + 10Mono PCM	2048Kb/s x 2	?	?	?	Systemvorschlag f. CATV-Netz mit bidirektionalem 2Mbit/s Kanal (Telefon usw.); Vorschlag 12-Kanal AM-TV Uebertras.
TDM	270Mb/s	TDM	4Mb/s	3 aus 15	0	39 PCM	2048Kb/s x 2	?	5-10Km	LED 1,3 u	Systemvorschlag; Vollstaendis digital; Losloesung von PCM-Takraten im Teilnehmerbereich
w1-2:TV(Basisb.) w3:TDM(1.5Mb/s)	w4:TV(Basisb.) w5:TDM(1.5Mb/s)	1TV(AM,4MHz)	1	0	0	1.5Mb/s	1.5Mb/s	GI-Faser (4dB/Km)	5Km	LD(800-890nm),APD;Z->T LED(1150,1300nm),APD;T->Z	aehnlich wie NTT Business-System mit HDTV aus CATV-System; Landwelleneubertrasung Tln.->Zentrale; opt. PAM
w1:TV(Basisb.) w2:TDM(6.3Mb/s)	w3:TV(Basisb.) w4:TDM(6.3Mb/s)	1 AM(4MHz)	1	0	0	6.3Mb/s	6.3Mb/s	GI-Faser (4dB/Km)	5Km	LD(800,830nm),APD LD(860,890nm);PIN;TV	WDM; TV-Konferenz; Tel.; schnelle Daten; System mit groesster Aussicht auf baldige Einfuehrung; opt. PAM
?	?	? 4MHz-Analog	?	?	?	6.3Mb/s	6.3Mb/s	?	?	LD,APD	Bestandteil des 'INS'(Inform. Netw. Sys.) als Technologietest; 1. Einfuehrung 1985 auf 'Internat. Exposition, Tsukuba'
FDM	20 MHz	FDM	~8 MHz	3 AM	1	1 oder 2 FM(225KHz)	256Kb/s Traeder ein/aus	GI-Faser	2.1Km(max)	LED(820nm) PIN	Dienstintegration und -Entwicklung im Demo. - System; Grosser Aufwand fuer Video-Konferenz (Synchr.,Splitscreen)
FDM	110MHz	FDM	30MHz	4(3+1) AM	1	4 FM	Fsp,Daten FM	GI-Faser (4.9dB/Km)	1.5Km	LD(V-Nut) PIN	Erweiterte Fsp. Vermittlung mit Bif., TV/Audio- Vert.; Dienstekompatibel mit HHI BB-Netz; 1 Tln opt. angeschlossen
FDM	170MHz	FDM	50MHz	4 (3+1) FM(24MHz)	1	4 aus 32 PCM(896Kb/s)	1.280Mb/s (16x80Kb/s)	GI-Faser (3.5dB/Km)	5.5Km(max)	LD/LED,APD	Einziges analoges BIGFON-System. (FM-Video +/- 12MHz); Stereo- Verteil Koppelfeld; dis. 8Mb/s Kanal (SB-Dienste, Audio)
FDM	12 MHz	FDM	18 MHz	1 AM(6MHz)	1	0	Fsp:AM sonst:FSK	(4.1dB/Km)	1.4Km(max)	LED(850nm) PIN	Opt. Telefonsystem im staedtischen Bereich; Bildfernsprechen nur zur Demonstration.
FDM	90MHz	FDM	30MHz	2(15) +1 Bif FM(20MHz)	1	1 aus 12 FM	128Kb/s	GI-Faser (4dB/Km)	1.65Km(max) 10000Km(total)	LD&LED(850nm) PIN/APD	Erfahrung fuer Industrie mit kompletten opt. Systemen; Untersuchung Teilnehmerverhalten; Telefon ueber Kupfer bleibt
FDM	100MHz	FDM	40MHz	2 aus 12 AM	1	2 aus 24 FM	Fsp:Traeder ein/aus	GI-Faser	2.6Km(max)	LD(V-Nut) PIN	BIGFON-Vorlaeufer; TV/Audio-Verteilung und Telefon; 3 Anschluesse mit Bildfernsprechen
w1-3:TV(Basisb.) w4:FDM(0-3 MHz)	w4:FDM(3-6 MHz)	3 AM	0	0	0	Fsp:FM x 2 Daten:FSK	Fsp:FM x 2 Daten:FSK	GI-Faser (1.5dB/Km)	4Km	LED(1060-1500nm) APD,(1500nm;Z->T)	zum Tln. 3 Wellenlaengen; 1150, 1270 nm,(1060nm optional); 1 Wellenl. (1500nm) bidirektional ueber 1 Faser
w1:TV(Basisb.) w2:Fsp(PDM)	w3:Fsp(PAM)	1 AM	0	0	0	Fsp:PDM,PAM	Fsp:PDM,PAM	SI-Faser 5dB/Km	1.6Km(max)	LED(1060nm),PIN;T->Z Laser&PVD,LED(900nm),APD	Opt. Fernspeisung mit PDM fuer Fernsprechen; Leistungsaufnahme beim Teilnehmer; 150uW (Fsp.)
FDM	60MHz	TDM/FSK -5MHz	0	2 aus 12 AM	0	7 FM	196Kb/s TDM-FSK-FDM	GI-Faser	5Km(max) 75Km(total)	LD&LED (840nm;Z->T,930nm;T->Z)	Versorgung laendlicher Bereiche mit Telefon-Einzelan- schluessen; TV/Audio-Verteilung; Telidon (Bildsch.text)
FDM	6MHz	FDM	6.6MHz	1 aus 9 AM(4.5MHz)	1	1 FM(50KHz)	Cntrl:200b/s AM(6.6MHz Traeder)	SI(Plstkmtl.) (10dB/Km)	1.3Km(max) 360Km(total)	LED(830nm) PIN	BB-Rueckkanal fuer wenige Tln. mit TV- Kamera; Keine End zu End - Kommunikation moeslich.
w1:TV(VHF) w2:HDTV(Basisb.)	0	VHF(7-8MPX,AM) +HDTV(AM,30MHz)	0	0	0	0	0	GI-Faser (4dB/Km)	2Km	LD(800,860nm) APD	analoge Uebertrasung von HDTV und normalem Fernsehen mit WDM; 10-fach Stern-Koppler in der Zentrale, nur Verteil.; opt. PAM
SDM(2Fasern) PFM(30MHz)	elektr. Programmwahl	2(oder 1+1Audio) PFM(25MHz +/- 5MHz)	0	0	0	8MHz FM -Band	0	GI-Faser (4/10dB/Km)	3Km(Z->Distr.Point) 200m(FP->TL)	LED APD&PIN	Audio/TV-Vert. mit PFM. Signalis. ueber Kupfer (Rueckw.); PRESTEL (Bildsch.text) vorbereitet; kein Telefon.

elfach(mehrere Fasern)  
laensennultiplex auf einer Faser  
Summensignal Frequenzmultiplex  
ltixlex

[7] Z: Zentrale  
T: Teilnehmer  
[8] Angaben bezogen auf Kanalkapazitaet (Bus-System)  
Teilnehmer ausderuestet fuer:

## 5. Auswertung der Systemübersicht

### 5.1 Überblick

Betrachtet man die tabellarische Systemzusammenstellung in Kap. 4, fällt zunächst auf:

- Alle 27 Systeme sind Versuchssysteme, d.h. es sollen in erster Linie Erfahrungen gewonnen werden.
- Nur das digitale HHI-System verwendet dezentrale Vermittlung und hat eine Linienstruktur. Alle anderen Systeme sind sternförmig aufgebaut und arbeiten mit zentraler Vermittlung.
- Die Zahl der Systeme mit analoger und digitaler optischer Übertragung ist etwa gleich, wobei drei Systeme eine gewisse Sonderstellung dadurch einnehmen, daß sie mit 4 bzw. mit 5 optischen Wellenlängen arbeiten und diese zum Teil digital und zum Teil analog modulieren (Intensitätsmodulation).

Die weitere Analyse der einzelnen Systeme wird anhand der in Bild 35 dargestellten Struktur vorgenommen. Hier ist allgemein der Weg einer elektrischen Information von der Quelle durch die verschiedenen Stufen eines Übertragungssystems bis hin zum optischen Kanal dargestellt. (Beim Empfänger muß dann das empfangene Signal ein entsprechendes System in entgegengesetzter Richtung durchlaufen.) Die Einzelbetrachtung der Systeme wird demzufolge für die Quellsignale, die Signalverarbeitung, die Modulation und Codierung der Signale, die elektrische Multiplexbildung, die elektro/optische Wandlung sowie die optische Multiplexbildung getrennt durchgeführt. Danach erfolgt eine vergleichende Einordnung des HHI-Digital- und Analog-Systems.

Auf die Vermittlungseinrichtungen, die neben dem Übertragungssystem der zweite wesentliche Bestandteil eines Nachrichtennetzes sind, wird im folgenden nicht weiter eingegangen, da hierüber zu wenig konkrete Angaben vorliegen. Dies ist darin begründet, daß bei den betrachteten Systemen die optische Breitbandübertragung den eigentlichen Schwerpunkt bildet. Die Vermittlung erfolgt in allen Systemen elektrisch.

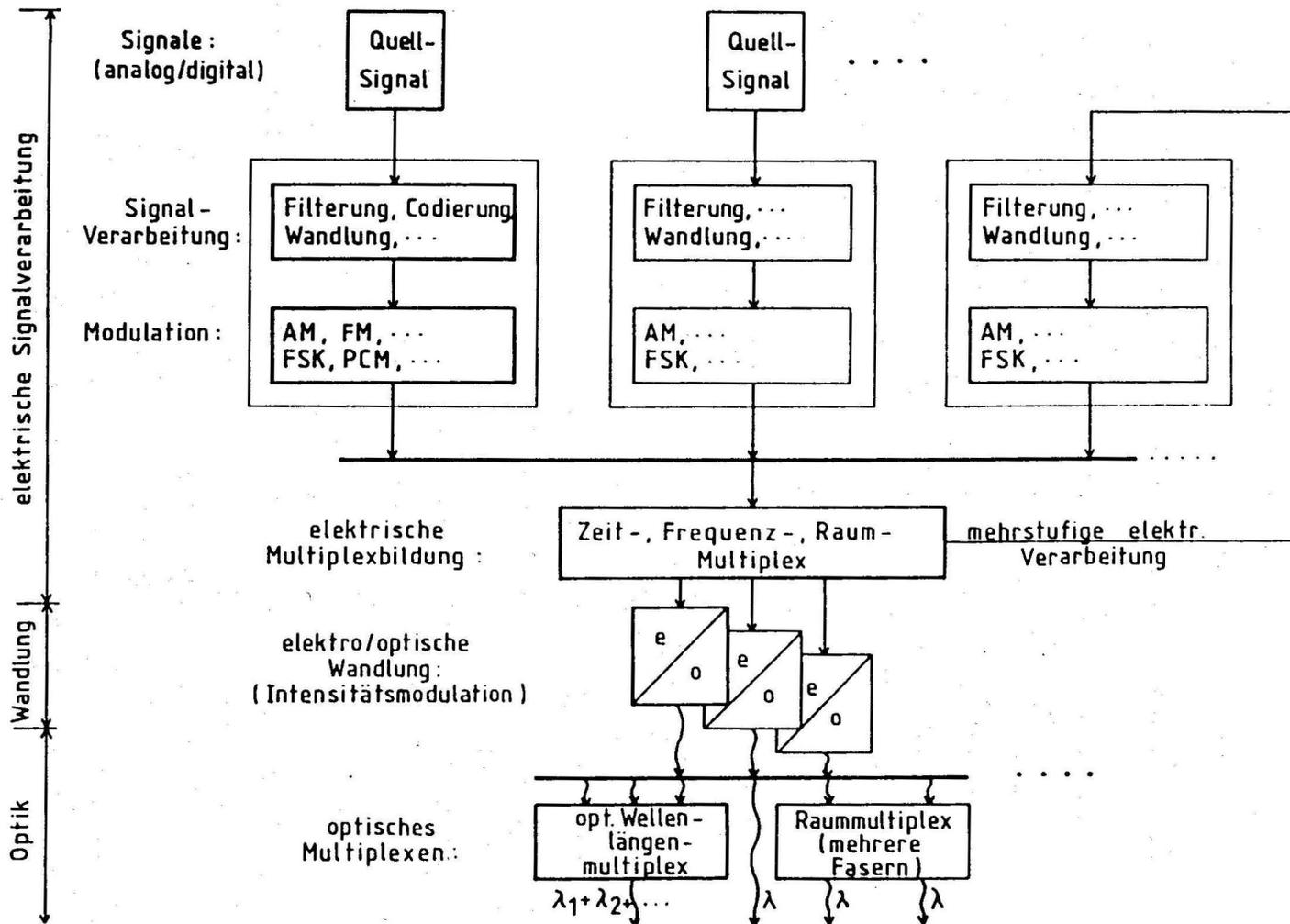


Bild 35: Wandlung und Übertragung von Signalen

## 5.2 Die Quellsignale

Dem Charakter der betrachteten Systeme entsprechend, treten folgende Quellsignale auf:

Dienst	Bandbreite
Fernsprechen	~4 kHz analog
Stereo-Ton	~2 x 15 kHz analog
TV Wahl/Verteilung	~5 MHz analog
Bildfernsprechen	~5 MHz analog
HDTV	~30 MHz analog
Daten	} $\leq 64$ kbit/s
Signalisierung	

Bild 36: Die Quellsignale in den Systemen

Bis auf drei reine Verteilsysteme (25 - 27) ist in allen betrachteten Systemen der Dienst "Fernsprechen" vorgesehen. Die Ausstattung der Systeme mit Stereo-Ton-Programmen ist direkt aus der Spalte "Audio (St.)" der Tabelle in Kap. 4 abzulesen, bei acht Systemen ist dieser Dienst nicht vorgesehen.

In allen betrachteten Systemen können TV-Bilder übertragen werden. (Dieses Leistungsmerkmal war eines der Kriterien für die Systemauswahl, s. Kap. 1.) Nur bei den Systemen mit dem Merkmal: "BB Dialog" ist auch Bildfernsprechen möglich. Das trifft für 16 der 27 Systeme zu, die dann auch notwendig über einen breitbandigen Rückkanal vom Teilnehmer zu der Zentrale verfügen.

Eine Übertragung von HDTV-Signalen ist nur in zwei Systemen (13 und 26) möglich.

Nicht alle Systeme sind für Datenverkehr vorgesehen. In 4 Systemen werden keine Daten übertragen. Eine hochrati-ge Datenübertragung (64 kbit/s) ist in 20 Systemen möglich.

### 5.3 Signalverarbeitung

Die im vorangegangenen Kapitel behandelten Quellsignale werden in vielen Systemen gewandelt, um eine bessere Übertragung zu ermöglichen. Sieht man einmal davon ab, daß bei analogen Signalen zur Bandbreitenbegrenzung immer eine Filterung notwendig ist, so ist das am meisten verwendete Wandlungsverfahren die analog/digital-Wandlung der Quellsignale.

Die nachfolgende Tabelle gibt einen Überblick über die bei den untersuchten Systemen angewendeten Wandlungsverfahren.

Dienst	Quellsignal	Zahl der Systeme mit		digitale Bandbreite
		analoger Weiterverarb.	digitaler Weiterverarb.	
Fernsprechen	analog (4 kHz)	4	20	64 kbit/s
Stereo-Ton	analog (2x15 kHz)	7	12	~1 Mbit/s
Bildfern-sprechen/TV	analog (5 MHz)	15	12	70-140 Mbit/s
HDTV	analog (30 MHz)	2	0	-
Daten/Sig-nalisierung	digital ( $\leq 64$ kbit/s)	0	23	$\leq 64$ kbit/s

Bild 37: Wandlung der Quellsignale

Aus dieser Tabelle folgt direkt, daß in keinem der Systeme eine digital-/analog-Wandlung der Quellsignale erfolgt. Die Zahl der Systeme, die analog-/digital-Wandlung einsetzen, nimmt mit steigender Bandbreite der Quellsignale ab. Der Grund hierfür dürfte in den Kosten für die hoch-

ratigen A/D-Wandler und D/A-Wandler liegen. Da die betrachteten Systeme alle im Teilnehmerbereich eingesetzt werden, ist die Anzahl der benötigten Wandler groß, die Auslastung dagegen - im Gegensatz zu Fernübertragungssystemen - schlecht. Eine für den Teilnehmer ausreichende Bildqualität wird dadurch erreicht, daß nur wenige (bis max. 4) TV-Kanäle in Frequenzmultiplex übertragen werden.

#### 5.4 Modulation und Codierung der Signale

Die analogen oder digitalen Signale werden - ehe sie durch Multiplexbildung für die Übertragung zusammengefaßt werden - vielfach moduliert. Bei den digitalen Signalen ist oft noch eine Codierung üblich, wobei die verwendeten Begriffe die Grenzen zwischen Modulation und Codierung häufig nicht erkennen lassen. Ein Beispiel dafür ist die Pulscodemodulation (PCM), die streng genommen aus einer Pulsamplitudenmodulation (PAM) mit nachfolgender Quantisierung und Codierung besteht.

Dennoch ist zweckmäßig zwischen "wertkontinuierlichen" und "wertdiskreten" Modulationsverfahren zu unterscheiden, die im allgemeinen Sprachgebrauch auch mit "analoger" und "digitaler" Modulation gleichgesetzt werden. Die digitalen Modulationsverfahren haben den großen Vorteil, daß die übertragenen Signale ohne Qualitätseinbuße regenerierbar sind. Überhaupt ist ein wesentlicher Grund für die Wahl bestimmter Modulationsverfahren, daß die Störeinflüsse des Übertragungskanal auf das Nutzsignal verringert werden, allerdings meist auf Kosten höherer Bandbreite. Ein weiterer Grund für die Modulation ist, daß unmodulierte Signale nicht durch Zeit- oder Frequenzmultiplexstufen zusammengefaßt werden können. Die verwendeten Modulationsverfahren sind in der Tabelle Bild 38

Modulation Dienst	unmod. Basis- band	Wertkontinuierliche Modulation					dig. un- mod.	Wertdiskrete Modulation									
		AM	FM	PFM	PAM	PDM		FSK	ASK	PCM	DPCM	Delta- mod.	Bi-Phase-Modulation ohne Angabe	AWI	CMI		
Fern- sprechen	analog	19	17,22		23	23											
	digital							20,24	16,21	2,3,4,5 6,7,8,10 11,12,15 18		1	24	9	13		
Stereo-Ton	analog		16,17 20,21 24,25	27													
	digital									1,2,3,4 5,6,7,8 10,11,12 18							
TV/Bildfern- sprechen	analog	13,14 15,22 23,25	16,17 19,21 24,26	18,20													
	digital									3,5,7,8 9,10,11 12	1,2,4	6					
HDTV	analog	13,26															
Daten, Signali- sierung	digital						1,2,3 4,5,6 7,8,10 11,12 15,18	17,19 20,22 24	16,21 25				24	9	13,14		

(Die Ziffern in der Tabelle beziehen sich auf die Systemnummern in Kap. 3.2)

Bild 38 : Modulation der Quellsignale

zusammengestellt, wozu anzumerken ist, daß die meisten digitalen Modulationsverfahren sich weniger in der Modulation als in der Codierung der abgetasteten und quantisierten Signale unterscheiden. Eine Erläuterung der Modulationsverfahren wird in Bild 39 gegeben.

Sowohl bei digitalen als auch bei analogen Signalen gibt es Systeme, in denen gar keine Modulation erfolgt, d.h. die Signale werden unmoduliert im Basisband (analog) oder als unmodulierte Digitalsignale direkt übertragen.

Zusammenfassend läßt sich sagen, daß

- Sprachsignale und Stereo-Ton-Signale überwiegend mit PCM codiert werden,
- bei analogem TV oder Bildfernsprechen Basisband- oder AM-Verfahren überwiegend angewendet werden und bei digitalen Modulationsverfahren PCM überwiegt,
- HDTV-Systeme bisher nur analog realisiert wurden und mit Basisbandübertragung arbeiten,
- digitale Quellsignale wie Rechnerdaten und Signalisierung meist unmoduliert weiterverarbeitet werden.

Bei den digital codierten Sprachsignalen wird weitgehend die 64 kbit/s-PCM-Codierung angewendet. Die meisten dieser Systeme bieten auch einen 64 kbit/s-Datenkanal an. Die weit fortgeschrittene Diskussion über das zukünftige "Integrated Service Digital Network" (ISDN) hat hier vereinheitlichend gewirkt.

Stereo-Ton-Programme werden überwiegend mit 32 kHz abgetastet, Unterschiede ergeben sich in den Wortlängen der Abtastwerte (14 - 16 Bit). Bei dem System 6 wird als Abtastrate 45,7 kHz vorgeschlagen, bei dem System 10: 45 1/3 kHz und bei dem System 12: 48 kHz.

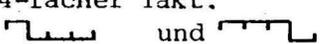
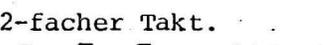
Verfahren	Abkürzung	Beschreibung
Basisbandübertragung		Die analogen Signale werden im Basisband, d.h. ohne Trägermodulation übertragen. Wird in den Systemen nur bei TV und HDTV bei FBAS-Signalen angewendet.
Amplitudenmodulation	AM	Die Amplitude der Trägerfrequenz wird entsprechend dem Signal moduliert. Es treten nur Seitenbänder 1. Ordnung auf.
Frequenzmodulation	FM	Die Abweichung der Momentanfrequenz des Trägers von dem unmodulierten Träger entspricht dem modulierenden Signal. Unendlich breites Spektrum, das daher begrenzt werden muß.
Pulsfrequenzmodulation	PFM	Die Zahl der Impulse je Zeiteinheit (Pulsfrequenz) wird durch das modulierende Signal verändert.
Pulsamplitudenmodulation	PAM	Das modulierende Signal steuert die Pulsamplitude. Ähnlich störanfällig wie AM, daher für Übertragung wenig genutzt.
Pulsdauermodulation	PDM	Das modulierende Signal steuert die Pulsdauer. Unempfindlicher als PAM gegen lineare Verzerrungen. Dient in System 23 gleichzeitig zur Energieübertragung.
digital unmoduliert		Die Digitaldaten (Steuersignale, Rechnerdaten) werden unmoduliert übertragen, meist im Zeitmultiplex.
Frequency Shift Keying (Frequenztaustung)	FSK	Die Frequenz eines Trägers ändert sich im Takt des modulierenden Signals. Meist 2 Frequenzen, die den digitalen Werten "0" und "1" entsprechen.
Amplitude Shift Keying (Amplitudentastung)	ASK	Die Amplitude eines Trägers ändert sich im Takt des modulierenden Signals. Meist 2 Stufen (Träger ein/aus), die den digitalen Werten "0" und "1" entsprechen.
Pulscodemodulation	PCM	Abtasten (PAM), quantisieren und kodieren analoger Signale. Die Quantisierung erfolgt meist binär mit 8 oder 9 Bit je Wort (Stereo-Ton bis 16 Bit je Kanal).
Differenzpulscodemodulation	DPCM	Wie PCM, es wird jedoch nur die Differenz zum letzten Wert übertragen, meist mit 4 oder 5 Bit je Wort.
Deltamodulation	DM	Es wird die Differenz (Delta-) gegenüber dem letzten Wert mit 1 Bit je Abtastwert übertragen, oft adaptiv.
Bi-Phase-Code	Bi-Ø	Verschiedene Kodierverfahren mit mindestens einer Signalflanke je Bit. Mindestens doppelte Bandbreite gegenüber NRZ-Codes.
Alternative Pulse Width Inversion	AWI	4-facher Takt.  Bildungsgesetz: "0" immer  ; "1" alternierend mit 
Coded Mark Inversion	CMI	2-facher Takt.  Bildungsgesetz: "0" immer  ; "1":  oder  , abhängig vom Pegel des letzten Bits.

Bild 39: Erläuterung der verwendeten Modulations- und Kodierverfahren

Die größte Vielfalt bei den Codierverfahren findet man bei den Bildcodern. Datenraten zwischen 65 Mbit/s und 140 Mbit/s sind anzutreffen. Aus der Vielfalt der Verfahren ist abzuleiten, daß es noch keine Einigkeit über Bildcodierverfahren in der Teilnehmerebene gibt.

Es wird "geschlossene" oder "komponentenweise" (Chrominanz und Luminanz getrennt) Codierung angewendet. Abtastraten variieren zwischen 12 MHz und 13,9 MHz. Die Wortlängen werden mit 8 oder 9 Bit PCM oder 5 bzw. 6 Bit DPCM angegeben.

Hiervon unterscheidet sich das System 6, das einen 1 Bit Delta-Sigma Coder verwendet, der einen seriellen Datenstrom von 140 Mbit/s direkt erzeugt /73/.

Um bei zukünftigen Breitbandnetzen die Kompatibilität der Bildkanäle sicherzustellen, ist hier dringend eine Vereinheitlichung notwendig. Die bei der Verbindung der "BIGFON-Systeme" untereinander festgelegte FBAS-Schnittstelle kann auf die Dauer nicht befriedigen, da mehrfaches Umcodieren notwendig ist.

### 5.5 Elektrische Multiplexbildung

Bei den untersuchten Systemen handelt es sich um integrierte Systeme, d.h. diese Systeme sehen vor, den Teilnehmer mit mehreren Informationskanälen gleichzeitig zu versorgen. Das setzt eine Multiplexbildung voraus, wobei Raum-, Zeit- und Frequenzmultiplex angewendet wird. Zeit- und Frequenzmultiplexverfahren erlauben die mehrfache Ausnutzung elektro-optischer Wandler und der optischen Kanäle durch verschiedene Signale.

Dieser Mehrfachausnutzung sind jedoch dadurch Grenzen gesetzt, daß bei den untersuchten optischen Übertragungssystemen, - die alle Gradientenfasern einsetzen, - Dispersion,



heutiger Sicht kostengünstige Integration von schmalbandigen Digitalkanälen und breitbandigen Analogkanälen realisiert.

Alle Systeme, die mit Raummultiplexstufen arbeiten, benötigen für jeden Kanal einen separaten optischen Sender/Empfänger.

### 5.6 Elektro/optische Wandlung

Innerhalb dieser Systemübersicht können nur die wichtigsten Eigenschaften der Wandler kurz behandelt werden.

Die verwendeten Sender/Empfängerkombinationen können direkt aus der Übersichtstabelle in Kap. 4.1 abgelesen werden.

LED's werden vorzugsweise für kurze Übertragungslängen bzw. niedrige Datenraten eingesetzt, da die in die Faser eingekoppelte Lichtleistung gering ist (ca. 20 - 30  $\mu$ W bis max. 100  $\mu$ W). Laser (LD) werden wegen der größeren Lichtleistung (ca. 0,5 - 5 mW) jedoch bevorzugt in den betrachteten Systemen verwendet.

Alle optischen Sender (LD, LED) werden intensitätsmoduliert mit dem elektrischen Multiplexsignal der Vorstufe. Dabei unterscheidet man die digitale und die analoge Modulation. Bei der digitalen Modulation wird das elektrische Multiplexsignal häufig noch mit Hilfe von Scramblern verwürfelt, um eine Gleichverteilung von "0" und "1" zu garantieren und um die für die Taktregeneration erforderliche Anzahl von Flankenwechseln zu erhalten.

Einige Systeme arbeiten auch mit Leitungscodierung. Alle Systeme mit digitaler Modulation modulieren den optischen Sender nur zweistufig. Andere Verfahren, wie z.B. 4-Stufen-Modulation, werden nicht eingesetzt.

Bei der analogen (AM/IM-)Modulation ist die Lichtintensität proportional dem elektrischen Summensignal. Zur Vermeidung von nichtlinearen Verzerrungen dürfen die optischen Sender jedoch nur in einem linearen Arbeitsbereich betrieben werden, d.h. die Leistung des elektrischen Summensignals darf einen festgelegten Spitzenwert nicht überschreiten. Daraus folgt, daß bei Erhöhung der Zahl der im Frequenzmultiplex übertragenen Signale die Amplitude der Einzelsignale verringert werden muß, was wiederum zu einem geringen Signal- zu Rauschverhältnis am Empfangsort führt (/14/ und Nachtrag Kap. 7.3).

Hervorzuheben sind in diesem Zusammenhang drei japanische Systeme (13, 15, 26), bei denen die analogen Multiplexsignale noch einmal pulsamplitudenmoduliert werden. Dadurch wird das Laserspektrum verbreitert und damit der Einfluß des Wellenleiter-Modenrauschens verringert /74/.

Als Empfänger werden PIN-Dioden bei großen Lichtleistungen und APD's bei geringen Lichtleistungen am Empfangsort verwendet.

Eine Ausnahme bildet der "photovoltaic detector" (PVD) im System 23, der zur Fernversorgung der Teilnehmerstation dient. Etwa 750  $\mu$ W Leistung können so gewonnen werden, die zur Fernspeisung eines speziell entwickelten Telefons ausreichen.

### 5.7 Optische Multiplexbildung

Die optischen Signale werden mit bestimmten Lichtwellenlängen gesendet. Damit besteht prinzipiell die Möglichkeit, mehrere optische Signale mit unterschiedlichen Wellenlängen über eine Faser zu übertragen. Diese Anwendung ist sowohl in einer Richtung (unidirektionale Übertragung) als auch in entgegengesetzter Richtung (bidirektionale Übertragung) möglich.

Eine Übersicht verschafft das Bild 41.

	Systeme mit Wellenlängenmultiplextechnik (Numerierung nach Kap. 3)															
	2	3	4	5	6	8	9	13	14	15	18	19	22	23	24	26
Zahl der Wellenlängen Zentrale → Tln.	1	4	1	2	2	3	5	3	2	3	1	1	4	2	1	2
Zahl der Wellenlängen Tln. → Zentrale	1	2	1	1	1	1	1	2	2	1	1	1	1	1	1	0
Summe der Wellenlängen auf einer Faser	2	6	2	3	3	4	6	5	4	4	2	2	5	3	2	2

Bild 41: Zahl der übertragenen Wellenlängen bei verschiedenen Systemen über eine Faser

Zu dieser Tabelle ist anzumerken, daß bei einer Großzahl der Systeme die Wellenlängenmultiplextechnik nur versuchsweise bei wenigen Anschlüssen erprobt wird.

Alle diese Systeme (bis auf 26) verwenden bidirektionale Übertragung über eine Faser, wobei die Systeme 5 und 22 hervorzuheben sind, da sie in beiden Richtungen mit der gleichen Wellenlänge arbeiten. Das ist nur dann möglich, wenn auf der Übertragungstrecke nur geringe Reflexionen auftreten und optische Richtkoppler eingesetzt werden, die in eine Richtung eine hohe Sperrdämpfung aufweisen.

Werden mehrere Wellenlängen in eine Richtung übertragen, muß das empfangene Licht in optischen Demultiplexern wieder in seine Komponenten zerlegt werden, da in der Regel die

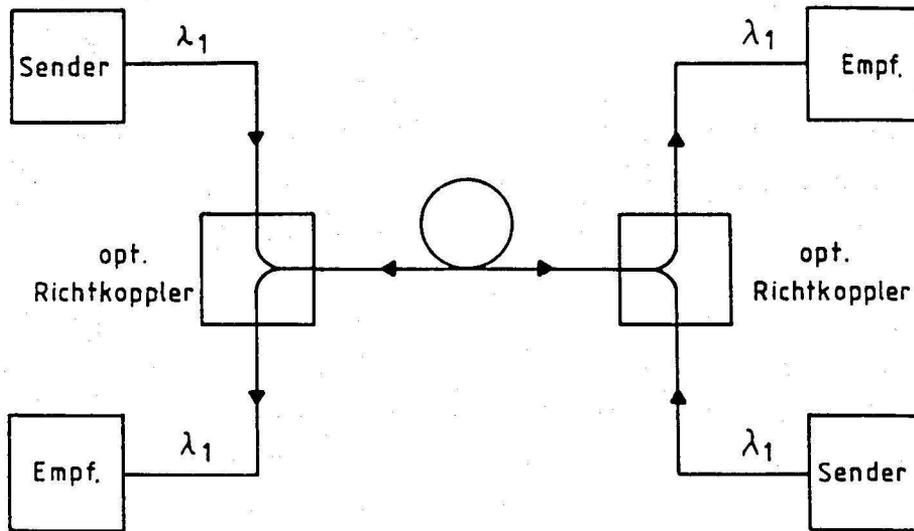


Bild 42: Bidirektionale Übertragung bei einer Wellenlänge

Empfänger-Dioden nicht wellenlängenselektiv arbeiten. Um das Demultiplexen möglichst verlustarm durchzuführen, werden meist Gitter und Interferenzfilter verwendet. Aber auch einfachere Leistungsteiler mit nachgeschalteten Filtern werden eingesetzt, wenn nur zwei Wellenlängen getrennt werden müssen und deren Abstand groß genug ist.

### 5.8 Einordnung des digitalen HHI-Systems

Auffällig ist zunächst, daß sich das digitale HHI-System bezüglich der Netzstruktur (Liniennetz) und der dezentralen Vermittlung deutlich von den anderen der untersuchten Systeme unterscheidet. Alle anderen Systeme sind sternförmig aufgebaut und vermitteln zentral.

Eigene Untersuchungen bezüglich der dezentralen Vermittlung im Rahmen der Systemauswertung haben ergeben, daß

die in dem digitalen HHI-System verwendete dezentrale Vermittlung und das Liniennetz für breitbandige öffentliche Netze ungeeignet sind /12/.

Betrachtet man jedoch nur den Zeitmultiplexkanal und die übertragenen Dienste, so ergeben sich Ähnlichkeiten zu einer Reihe von Systemen.

Insgesamt vier Systeme verwenden ca. 280 Mbit/s als Übertragungsrate (Systeme Nr.: 1, 2, 4, 12). Der Rahmenaufbau in dem System 12 ist dem des HHI-Systems sehr ähnlich, zusätzlich wird jedoch "Bitinterleaving" vorgeschlagen /19/.

Insgesamt ist bei 10 der 12 digitalen Systeme eine gemeinsame Zeitrahmenintegration von Schmal- und Breitbanddiensten realisiert, die sich prinzipiell von der des HHI-Systems nicht unterscheidet.

Für alle diese Systeme gilt, daß wegen der großen Bandbreitenunterschiede (Faktor 1:1000 bis 1:2000) von Schmal- zu Breitbanddiensten eine optimale Rahmenbelegung erschwert ist. Nachteilig ist ebenfalls, daß bei Störungen der Breitbanddienste eine Beeinträchtigung des Fernsprechens nicht ausgeschlossen werden kann und daß bei Netzausfall in der Teilnehmerstation eine Notstromversorgung für den Dienst Fernsprechen z.B. durch Batterie sehr aufwendig ist. In diesem Zusammenhang verdient der in dem AEG-BIGFON-System realisierte Weg Beachtung, der vorsieht, die Übertragungstrecke je nach Bedarf mit 280 Mbit/s oder 512 kbit/s zu betreiben. Zusätzlich sorgen Überwachungsschaltungen dafür, daß bei Spannungsausfall nur die gerade benötigten Komponenten versorgt werden.

Eine totale Trennung von Schmalband- und Breitbandkanaldiensten sehen die Systeme 3 und 9 vor, die jeweils eine eigene Wellenlänge für die Schmalbanddienste verwenden. Damit können die Probleme der Sicherheit, der Dienstintegration und der Notversorgung als gelöst gelten.

### 5.9 Einordnung des analogen HHI-Systems

Die Systeme 16, 21 und 24 sind insofern mit dem analogen HHI-System vergleichbar, da in diesen Systemen ebenfalls mehrere AM-TV-Kanäle und FM-Stereo-Ton-Kanäle im Frequenzmultiplex über eine Glasfaser übertragen werden.

Veröffentlichte Ergebnisse der erzielten Signalqualitäten in diesen Versuchssystemen gibt es außer über das HHI-System /14/ nicht. Die Erfahrungen im HHI zeigen jedoch deutlich, daß eine mehrkanalige AM-TV-Übertragung mit gleichzeitiger FM-Ton-Übertragung sehr kritisch ist, da die geforderten Video-Störspannungsabstände von 49 dB (KTV-Qualität) nicht erreicht bzw. bei reduzierter Kanalbelegung nur knapp eingehalten werden können.

Nr.	Systemname	Zahl der TV-AM-Kanäle	Zahl der FM-Ton-Kanäle
3.16	MSLS	3	1 (2)
3.17	HHI analog	4	6
3.21	AEG-Berlin-Versuch	2	2
3.24	Elie-Manitoba	2	7

Bild 43 : Analog - Systeme, vergleichbar dem HHI-Analog-System

## 6. Zusammenfassung

Der vorliegende Beitrag entstand in der Absicht, das im Heinrich-Hertz-Institut Berlin aufgebaute digitale und analoge optische Breitbandnetz einem internationalen Vergleich zu unterziehen.

Insgesamt wurden 27 Breitbandsysteme näher untersucht, deren Leistungsmerkmale etwa denen der HHI-Systeme entsprechen. Die Systeme wurden danach ausgewählt, daß sie

- optische Übertragung einsetzen,
- für den Teilnehmerbereich konzipiert sind,
- und für Bewegtbildübertragung vorgesehen sind.

Wegen der Vielfalt der eingeschlagenen Lösungswege und der zum Teil sehr unterschiedlichen Randbedingungen wie:

- Zahl der angeschlossenen Teilnehmer
- Laborexperiment oder Feldversuch
- Zahl der gleichzeitig übertragenen Kanäle
- Zeitpunkt des Systemaufbaus

war ein unmittelbarer Vergleich der Systeme nicht möglich.

Es wurde daher der Schwerpunkt auf eine Gegenüberstellung der Systeme gelegt, wobei als Darstellungsform sowohl Einzeldarstellungen als auch eine tabellarische Übersicht gewählt wurde.

Bei der Auswertung der Systemübersicht wurde festgestellt, daß das d i g i t a l e HHI-System wegen der dezentralen Vermittlung und der Linienstruktur eine Sonderstellung einnimmt, da kein anderes System eine dieser Eigenschaften

aufweist. Demgegenüber waren deutliche Übereinstimmungen mit einer Reihe von Systeme bezüglich der Struktur des Zeitmultiplexrahmens und die Art der Dienstintegration zu erkennen.

Eine Reihe von Systemen wurde gefunden, die - mit gewissen Einschränkungen - dem a n a l o g e n HHI-System vergleichbar sind.

Die im HHI gemachten Erfahrungen zeigen jedoch, daß eine mehrkanalige AM-TV-Übertragung zusammen mit FM-Tonkanälen mit den heute zur Verfügung stehenden optischen Übertragungssystemen wegen der nicht ausreichenden Bildqualität ungeeignet ist /14/.

Versucht man aus der Übersicht gewisse Tendenzen für zukünftige Systeme abzuleiten, so sind drei Bereiche von besonderem Interesse:

- Digitalisierung des Netzes
- Übertragung im optischen Langwellenbereich (ca. 1,3  $\mu\text{m}$ ) und Einsatz der Wellenlängenmultiplextechnik
- Verwendung von Monomode-Fasern.

Zum ersten Punkt ist festzustellen, daß bei den neueren Systemen überwiegend die Schmalbanddienste (Sprache und Daten) sowie die Stereo-Tonprogramme digital übertragen werden.

Bei der Bildübertragung ist auf kurze Sicht die Entscheidung zwischen analoger und digitaler Übertragung nicht eindeutig. Die Gründe hierfür liegen in den derzeit noch hohen Kosten und den fehlenden Normen für die Bildcoder/decoder. Bei der analogen Bildübertragung ist deutlich eine Tendenz zur Frequenzmodulation bei mehrkanaliger

Übertragung festzustellen. Langfristig wird jedoch ausschließlich digitale Übertragung eingesetzt werden.

Bei einer großen Zahl der neueren Systeme wird die Wellenlängenmultiplextechnik eingesetzt. Häufig steht damit im engen Zusammenhang der Einsatz der optischen Langwellenübertragung bei  $1,3 \mu\text{m}$ . Die Faserdämpfung weist bei dieser Wellenlänge ein Minimum auf, d.h. dieser Bereich eignet sich hervorragend für eine verlustarme Übertragung. Die Sender- und Empfängerdiode sind derzeit noch erheblich teurer als für den  $0,8 \mu\text{m}$ -Bereich und stehen erst neuerdings in größeren Stückzahlen zur Verfügung.

Die Wellenlängenmultiplextechnik ermöglicht die Mehrfachausnutzung des optischen Kabels und wird sich in zukünftigen Systemen verstärkt durchsetzen. Ob damit allerdings eine amplitudenmodulierte (AM-)Bildübertragung im Basisband - wie in einigen japanischen Systemen realisiert - bei ausreichender Qualität kostengünstig möglich ist, bleibt abzuwarten.

Vorteilhaft ist in jedem Fall, daß Dienstekategorien bei der Wellenlängenmultiplextechnik getrennt werden können, was u.a. der Erhöhung der Systemsicherheit dient.

Keines der untersuchten Systeme verwendet Monomodefaser. Dies ist im wesentlichen zeitlich bedingt, da erst in jüngerer Zeit die gegenüber der Gradientenfasern deutlich schwierigeren Probleme der Verbindung von Monomodefasern durch Stecker oder Spleiße als lösbar gelten können. Auch wurde bisher die Produktion der Monomodefasern zugunsten der Gradientenfasern zurückgestellt. Langfristig kann jedoch davon ausgegangen werden, daß auch die Monomodefaser wegen ihrer größeren Übertragungskapazität sowie wegen des Wegfalls modenbedingter Störungen im Teilnehmerbereich eingesetzt werden wird.

Betrachtet man die Zahl der Versuchssysteme in den einzelnen Ländern, so fällt auf, daß Deutschland mit 10 und Japan mit 7 Systemen führend sind.

In Deutschland haben die von der Deutschen Bundespost in Auftrag gegebenen BIGFON-Feldversuche zu einem sprunghaften Anstieg der Zahl der Versuchssysteme geführt. In Japan stammen die meisten Versuchssysteme von der "Nippon Telegraph & Telephone Public Corporation" (NTT), die etwa dem FTZ der Bundespost entspricht.

Ziel der japanischen Aktivitäten ist es, bis in das Jahr 2000 hinein ein integriertes Nachrichtennetz (INS) aufzubauen, in dem die Dienste: Fernsprechen, Daten, Bildfernsprechen und TV-Verteilung integriert sind, und das weitgehend optische Übertragung einsetzt.

Abschließend kann festgestellt werden, daß mit dem Experimentalsystem im Heinrich-Hertz-Institut Berlin schon frühzeitig der Nachweis erbracht worden ist, daß komplexe hochratige optische Nachrichtensysteme zuverlässig zu betreiben sind. Das wird dadurch unterstrichen, daß das Experimentalsystem in mehr als 18.000 Std. Dauerbetrieb seine volle Funktionsfähigkeit bewiesen hat. Darüber hinaus wurden durch das Experimentalsystem wesentliche technologische Grundlagen für die Konzeption des BIGFON-Feldversuchs der Deutschen Bundespost geschaffen.

## 7. Literaturverzeichnis und Zusammenstellung der Abbildungen

Die folgenden Abkürzungen werden in der Literaturliste für Tagungsbände und Institutionen verwendet:

BMFT	Bundesministerium für Forschung und Technologie
CCITT	International Telegraph and Telephone Consultative Committee
CIC	Colloque International de Communication
ECOC	European Conference on Optical Communication
EFOC	European Fiber Optic Conference
Eurocon	European Conference on Electronics
FTZ	Fernmeldetechnisches Zentralamt
GI/NTG	Gesellschaft für Informatik/Nachrichtentechnische Gesellschaft
HHI	Heinrich-Hertz-Institut Berlin GmbH
ICC	International Conference on Communications
ICCC	International Conference on Computer Communications
IEEE	Institute of Electrical and Electronics Engineers, Inc.
ISS	International Switching Symposium
ISSLS	International Symposium on Subscriber Loops
NTC	National Telecommunications Conference
NTZ	Nachrichtentechnische Zeitschrift

## 7.1 Literaturverzeichnis

- /1/ Evers, R.:  
Forschungsvorhaben Breitbandkommunikation mit optischen Kanälen; Förderkennzeichen TK 0133/NT 711  
Abschlußbericht, BMFT FB-T 83-118
- /2/ Hermes, Th. et al.:  
Dezentrale Vermittlung in einem diensteintegrierten Breitbandkommunikationssystem mit optischer Übertragung  
GI/NTG-Fachtagung Berlin 1983; Springer Informatik Fachberichte Nr. 60
- /3/ Matthijsse, P.:  
Essential data on optical fibre systems installed in various countries  
Telecommunication Journal Bd. 49 (1982) Heft 2 Seite 124 - 130
- /4/ Reim, A.; Schenkel, K.D.:  
Digitales Kommunikationssystem DIKOS  
NTZ Band 34 (1981), Heft 10, S. 658 - 663
- /5/ Jeschko, A.:  
SILK-System für integrierte lokale Kommunikation  
Hasler Mitteilungen 40. Jahrgang, Nr. 1, März 1981
- /6/ Ballering, H.; Thielmann, H.:  
Digitale Teilnehmerschleife mit dezentraler Vermittlung  
Techn. Mitteilungen TEKADE, S. 36 - 41, 1978
- /7/ Arkat, S.; Kreuzer, H.W.; Schmidt, F.; Teich, G.; Weber, J.:  
Teilnehmerstation in einem diensteintegrierten digitalen Nachrichtennetz  
NTZ Band 32 (1979), Heft 8, S. 560 - 565
- /8/ Burgmeier, J.; Gier, J.; Trimmel, H.:  
Digitalsignalübertragung mit 560 Mbit/s über Lichtwellenleiter - ein Versuchssystem für das Heinrich-Hertz-Institut  
Telecom Report 4 (1981) Heft 2, S. 98 - 103
- /9/ Schmidt, F.:  
Vergleich von Teilnehmerstationen in einem digitalen diensteintegrierten Breitbandnetz mit dezentraler Vermittlung  
HHI-interner Bericht 1982
- /10/ Burmeister, M.; Hoen, B.; Kliem, H.; Teich, G.; Weber, J.:  
Line Concentrators for an Experimental Digital Wideband Network with Decentralized Switching  
ISS '81, CIC Montreal, Sept. 1981, Session 42c, Paper 1

- /11/ Saniter, J.:  
Betriebsabläufe in einem digitalen Breitbandsystem mit  
dezentraler Vermittlung  
HHI-interner Bericht 1982
- /12/ Hermes, Th.:  
Dezentrale Vermittlung  
HHI-interner Bericht 1983
- /13/ Winzer, G.:  
Wellenlängenmultiplex - ein vorteilhaftes Prinzip ?  
Siemens Forsch.-u. Entwicklungs-Bericht, Band 10, 1981  
Nr. 6, S. 362 - 370
- /14/ Bünning, H.:  
Messungen an einer analogen, optischen Breitbandüber-  
tragungsstrecke.  
Technischer Bericht Nr. 217, Heinrich-Hertz-Institut  
Berlin, Okt. 1982
- /15/ AEG-Telefunken  
Erstes europäisches Breitbandkommunikationssystem  
mit Lichtwellenleitern in Betrieb  
Presse Information pri 6047 Berlin, 5. Dez. 1980
- /16/ AEG-Telefunken  
Aufbau und Funktion des neuen Breitbandkommunikations-  
systems mit Lichtwellenleitern in Berlin  
Presse Information pri 6048 Berlin, 5. Dez. 1980
- /17/ Andersen, E.F. et al.:  
System Definition for Broadband Integrated Communication  
System  
Technical Univ. of Denmark , Lyngby 1979, R-214
- /18/ Andersen, E.F. et al.:  
Optical Digital Broadband Networks of Three Generations  
2nd Int. Telecommunication Transmission Conf. Mar. 1981
- /19/ Andersen, E.F.:  
A 280 Mbit/s Centralized Switching Telecommunication  
System  
Progress Report, Technical University of Denmark ,  
Lyngby 1980 IR-218
- /20/ Asatani, K. et al.:  
A Field Trial of Fiber Optic Subscriber Loop Systems  
Utilizing Wavelength-Division Multiplexers  
IEEE Tr. on Com. Bd. COM-30 (1982) Heft 9, Seite 2172-2184
- /21/ Bambach, W. et al.:  
Realisierung eines optischen Breitbandverteilsystems  
AEG-Telefunken, Backnang

- /22/ Bambach,W. et al.:  
Realisation of Analog Fiber-optic Wideband Distribution System  
EFOC'81, Seite 21 - 24
- /23/ Banks,F.M. et al.:  
Evolving the Subscriber Loop Network in the Digital World  
3rd World Telecom.Forum (1979), Seite 3.2.7.1 -3.2.7.8
- /24/ Bauch,H.H. et al.:  
Encoding and Transmission of Signals for Visual Communication and Program Distribution in Future Optical Fiber Networks  
ICC'82, Seite 2G.4.1-2G.4.6
- /25/ Brace,D.J. et al.:  
The Application of Pulse Modulation Schemes for Wideband  
6th ECOC'80 Seite 446 - 449
- /26/ Braun,E.:  
BIGFON - der Start für die Kommunikationstechnik der Zukunft  
telecom report 5 (1982) Heft 2, Seite 123 - 129
- /27/ Brisio,A. et al.:  
A Low Consumption, Light Powered Telephone on Optical Fibre  
6th ECOC'80 Seite 242 - 245
- /28/ Brisio,A. et al.:  
Transmission Experiment of Wideband Services on an Optically Powered Telephone Link  
7th ECOC'81, Seite 16.1-1 - 16.1-4
- /29/ Bünning,H. et al.:  
Subscriber Stations in Service Integrated Optical Broadband Communications Systems  
IEEE Tr. on Com. Bd.COM-30 (1982) Heft 9, Seite 2161-2171
- /30/ Chouinard,P.H. et al.:  
Description and Performance Review of the Yorkville Integrated Services Fiber Optic Trial  
ICC'79, Seite 28.3.1 - 28.3.8
- /31/ Dupieux,J.G. et al.:  
The Application of Fiber Optics to the Introduction of New Service in Local Networks  
ISS'81 Seite 22B1.1 - 22B1.8
- /32/ Dupire M et al.:  
Biarritz, the optical wired city  
8th ECOC'82, Seite 504 - 509

- /33/ Fox, J.R. et al.:  
Cable TV Using Optical Fiber Transmission to the  
Customer - The Milton Keynes Trial  
EFOC'81 Seite 35 - 37
- /34/ Fox, J.R.:  
Initial Experience with Milton Keynes Optical Fibre  
Cable TV Trial  
ISSLS'82 Seite 230 -235
- /35/ Fox, J.R. et al.:  
Initial Experience with the Milton Keynes Optical  
Fiber Cable TV Trial  
IEEE Tr. on Com. Bd. COM-30 (1982) Heft 9, Seite 2155-2162
- /36/ Gravey, P.:  
The wired City of Biarritz: A First Step to an Optical  
Multiservice Network  
ICC'82 Seite 4D.3.1 - 4D.3.5
- /37/ Gray, D.J..  
A Multiservice Optical Fiber system for Business  
Applications  
NTC'80 Seite 34.4.1 - 34.4.6
- /38/ Gray, D.J. et al.:  
A Multiservice System Using Fiber Optic Loops  
ISSLS'80 Seite 119-124
- /39/ Harris, K.B.:  
Computer Communications for Rural Subscribers Using  
a Fibre Optic Transmission System  
ICCC'82 Seite 507 - 512
- /40/ Horn, U. et al.:  
Service-integrated Optical Subscriber Loop System Re-  
search and Industrial Prototype Project guided by  
the Deutsche Bundespost  
ISSLS'82 Seite 214 - 219
- /41/ Kitahara, A.:  
Telecommunications in the New Decade  
NTC'80
- /42/ Kitahara, A.:  
Information Network System. Telecommunications in the  
Twenty-first Century  
The Telecommunications Association (Japan) 1982
- /43/ Kneisel, K.E.:  
Goals and Strategies for the Introduction of Broadband  
Optical Com. Systems into the Deutsche Bundespost  
Telecom. Networks  
ICC'82 Seite 4D.1.1 - 4D.1.5

- /44/ Laser Focus  
Japan Launches Giant Information Network  
Laser Focus Sept. 1982, Seite 105
- /45/ Ljungstroem, P.A. et al.:  
Experimental Study and Field-trial System for Broad-  
band Communications in Germany  
Conf. on Com. Equipment and Systems 1982 Seite 169-176
- /46/ Matt, H.J. et al.:  
Integrated Broad-band Communication Using Optical  
Networks-Results of an Experimental Study  
IEEE Tr. on Com. Bd. COM-29 (1981) Heft 6 Seite 868-885
- /47/ McCallum, B.B.:  
Elie Rural Fibre Optic Field Trial  
NTC'80 Seite 34.3.1-34.3.4
- /48/ McCallum, B.B.:  
Fiberoptic subscriber loops: a look at the Elie system  
Laser Focus Nov. 1980 Seite 64-67
- /49/ Miki, T. et al.:  
A Design Concept on Fiber-Optic Wavelength-Division-  
Multiplexing Subscriber Loop System  
ISSLS'80 Seite 41 - 45
- /50/ Mogensen, G.:  
An All Optical, All Digital Integrated Service Network  
6th ECOC'80 Seite 435 - 438
- /51/ NTT  
How NTT will construct  
The Information Network System (INS)  
Presse Information June 1982
- /52/ Naab, A. et al.:  
The BIGFON project of the Deutsche Bundespost  
8th ECOC'82 Seite 500-503
- /53/ Nakahara, T. et al.:  
An Optical Fiber Video System  
IEEE Tr. on Com. Bd. COM-26 (1978) Heft 7 Seite 955-961
- /54/ Nilsson, E.:  
Annual Report 1980  
Electromagnetics Institute, Technical University of  
Denmark
- /55/ Nilsson, E.:  
Annual Report 1981  
Electromagnetics Institute, Technical University of  
Denmark

- /56/ Niquill, M.:  
The Wired City of Biarritz  
Optical Spectra Aug. 1981 Seite 38 - 39
- /57/ Nosu, K. et al.:  
A Design on Two-way Wavelength-Division-Multiplexing  
Transmission for Fiber Optic Subscriber Loops  
NTC'80 Seite 34.1.1 - 34.1.6
- /58/ Popovics, J.L.:  
Optical Fibre Multiservice Connection System: SAFO  
8th ECOC'82 Seite 570 - 576
- /59/ Popovics, J.L.:  
Optical Fibre Multiservice Subscriber  
Connection System: SAFO  
IEEE Tr. on Com. Bd. COM-30 (1982) Heft 9 Seite 2215-2220
- /60/ Schäffner, H. et al.:  
Optical Networks for Integrated Broadband Communication  
ICCC'82 Seite 518 - 523
- /61/ Schmidt, W.:  
Systemversuch zur Breitbandigen Dienstintegration in  
Glasfaser-Fernmelde-Ortsnetzen  
NTZ Bd. 35 (1982) Heft 11 Seite 680 - 684
- /62/ Shinji, M. et al.:  
Present and Future of Fiber Optic Subscriber Loop  
Networks in Japan  
ICC'82 Seite 4D.2.1 - 4D.2.5
- /63/ Sporleder, F. et al.:  
Ein digitales optisches Teilnehmeranschlußnetz  
-Technische Lösungen zur Breitbandkommunikation  
Professorenkonferenz 1981 im FTZ (Darmstadt) Seite 261-276
- /64/ Takeuchi, S.:  
An Optical Fiber Cable Video System  
Fiber and Integrated Optics Bd. 3 (1980) Heft 1 Seite 89-112
- /65/ Tough, G.A. et al.:  
An Integrated Fiber Optics Distribution Field Trial  
in Elie, Manitoba  
ICC'82 Seite 4D.4.1-4D.4.5
- /66/ Veilex, R. et al.:  
Experience and Projects with Fiber Optics: An Approach  
for Integrated Wideband Services with Local Telephone  
Networks  
ISSLS'82 Seite 213
- /67/ Visual Information System Development Association (Japan)  
Hi-OVIS Project  
Firmeninformation

- /68/ Visual Information System Development Association (Japan)  
Optical Visual Information System Hi-OVIS  
Firmeninformation
- /69/ Watanabe, R. et al.:  
Fiber Optic System for Subscriber Loops and Their  
Application  
ISSLS'82 Seite 220 - 224
- /70/ Weber, J.:  
Das KRONE-BIGFON-System  
Vortrag am 10.11.1982 am FTZ Berlin
- /71/ Wenyon, M.:  
Pulse-Frequency Modulation for Broadband Transmission  
Laser Focus June 1981 Seite 170 - 173
- /72/ Wichards, F.H.:  
Die Forschung bei der DBP zur Gestaltung eines Glas-  
faser-Fernmeldenetzes  
NTZ Bd. 34 (1981) Heft 12 Seite 846 - 847
- /73/ Roza, E.:  
An Optical 1 Bit Video Link  
7th ECOC'81 Seite 14.4.1 - 14.4.4
- /74/ Asatani, S.:  
Superimposed Pulse Modulation For Fiber Optic Analog  
Video Transmission Using Semiconductor Laser Diodes  
Elektronic Letters 3.7.1980, Vol. 16 No. 14, Seite 538-539
- /75/ Baack, C. et al.:  
Modal Noise and Optical Feedback in High-Speed Optical  
Systems at 0.85  $\mu\text{m}$   
Electronics Letters, 17th July 1980, Vol.16 No. 15
- /76/ Chang, K.Y.:  
Fiberguide Systems in the Subscriber Loop  
Proceedings of IEEE, Bd. 68 (1980), Heft 10, Seite 1291-1299
- Übersichtsartikel, nicht im Text zitiert
- /77/ Gallawa, R.L. et al.:  
A Survey of World-wide Optical Waveguide Systems  
Optical Fiber Communication 1979 Washington D.C.
- /78/ Mogensen, G.:  
Review: Wide-band optical fibre local distribution systems  
Optical and Quantum Electronics 12 (1980) Seite 353-381
- /79/ Ohnsorge, H.:  
Success, Goals and Limits of Very High Capacity  
Fibre Optic Systems  
ICC'82 Seite 6D.2.1-6D2.7
- /80/ Treheux, M.:  
Application of Optical Fibre Systems to the Subscriber  
Networks  
8th ECOC'82 Seite 25-30

Systemvorschläge, nicht im Text zitiert

- /81/ Bauch, H.:  
Advances in Transmission Technology for Broadband  
Services  
Eurocon'80 Seite 173 - 176
  
- /82/ Gentric, A. et al.:  
An Element of the all Optical Local Network: The  
distributor-concentrator  
8th ECOC'80 Seite 442-445
  
- /83/ Hademan, P. et al.:  
Design of an Optical Fibre CATV Network  
6th ECOC'80 Seite 410-413
  
- /84/ Harris, C.R. et al.:  
Local Network Evolution to meet Future Telecommunications  
Needs  
NTC'80 Seite 146 - 154
  
- /85/ Herold, W.E. et al.:  
Optical-Fiber System with Distributed Access  
Proc. IEEE Bd. 68 (1980), Heft 10, Seite 1309 - 1315
  
- /86/ Khoe, G.D.:  
New Integrated Subscriber Star Network Combining Maximum  
Versatility with Minimum Costs of Installation and  
Maintenance  
7th ECOC'81 Seite 16.2.1 - 16.2.4
  
- /87/ Maslowsky, S.  
Trends in Fiber Optical Communications  
Eurocon'80 Seite 168 - 172
  
- /88/ Senmoto, S. et al.:  
A Fiber Optics Application to Subscriber Loops  
NTC'80 Seite 51 - 55
  
- /89/ Treheux, M. et al.:  
Towards an All Optical Network  
7th ECOC'81 Seite P28.1 - P28.4
  
- /90/ Treheux, M. et al.:  
The Optical Switching Point: Basis of Future Network?  
ISS'81 Montreal Session 22B Paper 3
  
- /91/ Treheux M. et al.:  
Multiservice Optical Network  
NTC'80 Seite 34.5.1 - 34.5.5.
  
- /92/ Welzenbach, M. et al.:  
The Application of Optical Systems for Cable TV  
ISSLS'80 Seite 46 - 50

## 7.2 Zusammenstellung der Abbildungen

	Seite
Bild 1: Das Experimentalsystem im Heinrich-Hertz-Institut Berlin (HHI)	2
Bild 2: Dienste im analogen und digitalen Breitbandnetz	4
Bild 3: Zeitmultiplex-Rahmen 280 Mbit/s (Teilnehmerschleife)	6
Bild 4: Zeitschlitz-Format	7
Bild 5: Frequenzplan der analogen optischen Teilnehmer- leitung	11
Bild 6: Systemauswahl und Anordnung der Listen bzw. Strukturierung der Tabelle	15
Bild 7: Das Digital-System im Heinrich-Hertz-Institut Berlin (mit analogem Netz)	19
Bild 8: DOTAN nach /63/	21
Bild 9: SAFO-Projekt	23
Bild 10: BIGFON (AEG)	25
Bild 11: BIGFON (SEL)	27
Bild 12: BIGFON (Tekade)	29
Bild 13: BIGFON (Fuba)	31
Bild 14: BIGFON (Krone)	33
Bild 15: NTT "All Digital System" /57/	35
Bild 16: Integrated Network	37
Bild 17: Broadband Integrated Network	39
Bild 18: Advanced Integrated Network	41
Bild 19: NTT "Home Use System"	43
Bild 20: NTT "Business Use System"	45

Bild 21: INS-Model-System /51/	47
Bild 22: MSLS (GTE)	49
Bild 23: HHI-Analog-System	51
Bild 24: BIGFON (Siemens)	53
Bild 25: Yorkville Trial	55
Bild 26: Das Biarritz-System	57
Bild 27: AEG-Berlin-Versuch /16/	59
Bild 28: NTT "Longer Wavelength System" /57/	61
Bild 29: CSELT /28/	63
Bild 30: Elie Manitoba-System	65
Bild 31: Hi-OVIS /53/	67
Bild 32: NTT CATV Verteil-System	69
Bild 33: Milton Keynes-System	71
Bild 34: Systemvergleich	73
Bild 35: Wandlung und Übertragung von Signalen	75
Bild 36: Die Quellsignale in den Systemen	76
Bild 37: Wandlung der Quellsignale	77
Bild 38: Modulation der Quellsignale	79
Bild 39: Erläuterung der verwendeten Modulations- und Kodierverfahren	81
Bild 40: Elektrische Multiplexbildung	83
Bild 41: Zahl der übertragenen Wellenlängen bei ver- schiedenen Systemen über eine Faser	86
Bild 42: Bidirektionale Übertragung bei einer Wellenlänge	87
Bild 43: Analog-Systeme, vergleichbar dem HHI-Analog-System	89

## Nachtrag

### 7.3 Aktuelle Literaturangaben

Bünning, H.:

Güte einer analogen, optischen Breitbandübertragungsstrecke  
Frequenz 37 (1983) Heft 9 S. 241-246

Kneisel, K.:

BIGFON-Vergleich der verschiedenen firmenindividuellen System-  
lösungen  
NTZ Bd. 36 (1983) Heft 7

Speltacker, W.:

BIGFON - Ein Prototyp-System zur Einführung der Glasfaser  
im Ortsnetz für Breitband-Dialogdienste  
TEKADE Techn. Mitteilungen 1983, S. 22-23

Schenk, H.J.; Speltacker, W.:

BIGFON: Technische Realisation noch in diesem Jahr  
net nachrichten elektronik + telematik 37 (1983) Heft 5  
S. 180-182

Braun, E.:

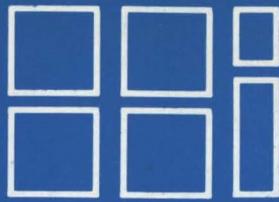
BIGFON bringt den Licht-Wellenleiter in den Teilnehmeranschluß-  
bereich  
Telecom report 6 (1983) Beiheft: Nachrichtenübertragung mit  
Licht

Bauch, H.:

BIGFON - die Übertragungstechnik  
Telecom report 6 (1983) Heft 2 S. 57-62

Look, J.:

Das Konzept des fuba BIGFON-Systems  
Internationales fuba-Symposium, 2.-4.Mai 1983, Hannover  
S. 104-105



**Heinrich-Hertz-Institut  
für Nachrichtentechnik  
Berlin GmbH**

