

**Kommission für den Ausbau
des technischen Kommunikationssystems**

– Arbeitskreis Technik und Kosten –



Breitbandkommunikation

Anlageband 6 zum Telekommunikationsbericht

Kommission für den Ausbau des technischen Kommunikationssystems

— Arbeitskreis Technik und Kosten —



Breitbandkommunikation

Ludwig-Maximilians-Universität München
Informations- und Kommunikationsforschung/
Wirtschaftsinformatik und Neue Medien

Inventarnummer: 8629

Signatur: 05.50.30 429

Anlageband 6 zum Telekommunikationsbericht

Ludwig-Maximilians-Universität München
Bibliothek
Informations- und Kommunikationsforschung/
Wirtschaftsinformatik und Neue Medien
Ludwigstrasse 28/UG, Raum 205
D-80539 Muenchen
Tel. 089/2180 3768

Zum **Telekommunikationsbericht** der Kommission für den Ausbau des technischen Kommunikationssystems gehören als Anlagebände die 8 Berichte der 4 Arbeitskreise.

Arbeitskreis	Titel des Berichts	Anlageband	Preis DM
	<i>Telekommunikationsbericht</i>		9,—
1	Bedürfnisse	1	12,—
2	Technik und Kosten	2	7,—
		3	6,—
		4	15,—
		5	14,—
		6	12,—
		7	6,—
3	Organisation	7	6,—
4	Finanzierung	8	8,—
Bei geschlossener Abgabe aller 9 Bände reduzierter Preis:			79,—

Alle Rechte, auch die des Nachdrucks von Auszügen, der photomechanischen Wiedergabe und der Übersetzung vorbehalten.

Copyright 1976 by Der Bundesminister für das Post- und Fernmeldewesen in Bonn

Herausgeber: Bundesministerium für das Post- und Fernmeldewesen

Druck: Bundesdruckerei Berlin 600708 2.76

Vertrieb: Verlag Dr. Hans Heger, Goethestraße 56, Postfach 8 21 - 5300 Bonn-Bad Godesberg 1, Tel. (0 22 21) 36 35 51

Geleitwort

Im Februar 1974 wurde die unabhängige „Kommission für den Ausbau des technischen Kommunikationssystems“ (KtK) von meinem Amtsvorgänger Professor Dr. Horst Ehmke ins Leben gerufen.

Sie hatte den Auftrag, Vorschläge für einen wirtschaftlich vernünftigen und gesellschaftlich wünschenswerten Ausbau des Telekommunikationssystems der Bundesrepublik Deutschland auszuarbeiten. Die Kommission hat ihre Arbeit nach knapp zweijähriger intensiver Tätigkeit termingerecht Ende 1975 abgeschlossen und ihre Vorschläge in Form von Feststellungen und Empfehlungen mit ihrem „Telekommunikationsbericht“, zu dem die Berichte der Arbeitskreise als acht Anlagebände gehören, vorgelegt.

Die Veröffentlichung auch der Berichte der Arbeitskreise soll einen vollen Einblick in die Materialien geben, die der Kommission für ihre Beratungen als Grundlage dienten.

Durch die Erarbeitung und Zusammenfassung zahlreicher neuer bzw. vorhandener Aussagen und Fakten für die Bereiche der Bedürfnisstruktur, der Technik und der Kosten, der Organisation und der Finanzierung haben die Arbeitskreise unzweifelhaft wertvolle Beiträge für die interessierte und fachkundige Öffentlichkeit sowie zur Meinungsbildung der Bundesregierung über den Stand und die Weiterentwicklung unseres Telekommunikationssystems geleistet.

Dafür möchte ich allen Beteiligten, insbesondere den Vorsitzenden der Arbeitskreise, auch im Namen der Bundesregierung meinen Dank aussprechen.

Bonn, im Januar 1976



Kurt Gscheidle
Bundesminister
für das Post- und Fernmeldewesen

Vorwort

Wer sich mit zukünftigen Telekommunikationsformen beschäftigt, hört häufig den Wunsch, daß sich in einem Telekommunikationssystem der Zukunft jeder mit jedem nicht nur akustisch, sondern auch optisch verständigen können sollte. Soll es sich dabei um die Übermittlung von Bewegtbildern mit guter Qualität handeln, so sind zur Übertragung dieser Bildsignale Kanäle erforderlich, die im Vergleich zum Fernsprechkanal etwa 1000fach größere Bandbreite besitzen. Es ist evident, daß das für die Sprachübertragung geschaffene Fernsprechnetzz nicht in der Lage ist, diese zweiseitig gerichtete, teilnehmerindividuelle Breitbandkommunikation zu ermöglichen. Derartige Anforderungen können nur in einem neuen Breitbandnetz mit vermittelten Verbindungen verwirklicht werden. Eher gilt, daß ein so gestaltetes Breitbandnetz weitere Telekommunikationsformen mit geringem Bandbreitenbedarf, wie z. B. Sprache oder auch Daten, mittragen könnte, so daß dann das Konzept eines vollintegrierten Kommunikationsnetzes entstehen würde. Breitbandnetze mit vermittelten Verbindungen weisen weit in die Zukunft und sind bisher nirgendwo in nennenswertem Umfang erprobt. Vor ihrer Verwirklichung bedarf es noch der Klärung vieler technischer Fragen in intensiver Forschung und Entwicklung. Es bedarf aber auch der Untersuchung der von den Teilnehmern geäußerten Bedürfnisse und des sich notwendigerweise an der Kostenfrage orientierenden Bedarfs. Denn gerade hier klaffen der allgemeine Wunsch nach zukünftiger Kommunikation und die wirtschaftliche Kraft, ihn zu verwirklichen, besonders stark auseinander.

Der Arbeitskreis „Technik und Kosten“ legt mit dem vorliegenden Anlageband 6 zum Bericht der Kommission für den Ausbau des technischen Kommunikationssystems eine Studie zu diesen Fragen aus der Sicht der Technik vor. Auch dieser Bericht konnte nur durch die vereinten Anstrengungen der Mitglieder einer vom Arbeitskreis „Technik und Kosten“ gebildeten Untergruppe entstehen. Allen, die durch ihren steten Einsatz mitgeholfen haben, den Bericht trotz des sehr knappen Termins dem Plenum der Kommission zeitgerecht vorlegen zu können, möchte ich hiermit herzlich danken.

November 1975



Prof. Dr.-Ing. Wolfgang Kaiser

Inhaltsverzeichnis

	Seite
1 Überblick	1
2 Neue Telekommunikationsformen	9
2.1 Arten	9
2.1.1 Text- und Datenkommunikation	9
2.1.2 Festbildkommunikation	10
2.1.3 Bewegtbildkommunikation	11
2.2 Betriebliche Merkmale der Bewegtbildkommunikation	14
2.3 Bedarfsannahmen für Bewegtbildkommunikation	21
3 Einrichtungen für die Telekommunikationsformen	24
3.1 Teilnehmer-Endgeräte	24
3.1.1 Bildgeräte	24
3.1.1.1 Gesichtspunkte zur Normung und Gestaltung	24
3.1.1.2 Bildfernsprecher	25
3.1.1.3 Bildempfänger	28
3.1.1.4 Hardcopy-Zusätze	29
3.1.2 Bildkonverter und Normwandler	29
3.1.2.1 Allgemeines	29
3.1.2.2 Zeilenkonverter	30
3.1.2.3 Bildkonverter	30
3.1.3 Bildfernsprech-Konferenz	31
3.1.4 Videokonferenzstudios	31
3.2 Zentrale Einrichtungen (Bildbanken)	33
3.2.1 Allgemeines	33
3.2.2 Verwendete Einrichtungen	34
3.2.2.1 Periphere Einrichtungen	34
3.2.2.2 Einrichtungen zur Dialog-Steuerung	35
3.2.3 Anordnung der Geräte	36
3.2.3.1 Schnittstelle zur Vermittlungstechnik	36
3.2.3.2 Standort der Einrichtungen	36

	Seite
4 Breitbandübertragung	37
4.1 Zu übermittelnde Signale	37
4.1.1 Analoge Signale	37
4.1.2 Digitale Signale	39
4.1.3 Quellen- und Kanalcodierung	41
4.1.3.1 Grundlage, Zweck und Bedeutung	41
4.1.3.2 Quellencodierung	42
4.1.3.3 Kanalcodierung	43
4.2 Übertragungsverfahren	45
4.3 Übertragungssysteme	46
4.3.1 Frequenzmultiplexsysteme (FDM)	46
4.3.2 Zeitmultiplexsysteme (TDM)	50
4.4 Übertragungsmedien	51
4.4.1 Symmetrische und koaxiale Kabel	56
4.4.2 Hohlkabel	60
4.4.3 Kryokabel	63
4.4.4 Glasfaserkabel	63
4.4.5 Richtfunk	67
4.4.6 Nachrichtensatellit	71
5 Netze zur Breitbandkommunikation	75
5.1 Anforderungen an das Netz	75
5.1.1 Teilnehmerkategorien	75
5.1.2 Zur Betriebsabwicklung erforderliche Nachrichtenkanäle	75
5.1.3 Verkehrswerte und Verkehrsstruktur	78
5.1.4 Anzahl und geographische Verteilung der Teilnehmer	80
5.1.5 Spezielle Anforderungen im Vergleich zum Fernsprechnet	83
5.2 Allgemeine Strukturen und Eigenschaften von Telekommunikationsnetzen	84
5.2.1 Klassifizierung von Netzstrukturen	84
5.2.2 Eigenschaften von Netzen	84
5.2.3 Vollvermaschtes Netz	88

	Seite
5.2.4 Sternnetz	90
5.2.5 Ringnetz	91
5.2.6 Verzweigungsnetz	93
5.3 Analoges Breitbandnetz in der Orts- und Fernebene (Lösung A)	94
5.3.1 Erforderliche Netzstruktur	95
5.3.2 Verwendete Übertragungsmedien	96
5.3.3 Zugrunde gelegte Vermittlungseinrichtungen	97
5.3.4 Einführungsstrategie	99
5.4 Breitbandnetz mit digitaler Übertragung in der oberen Fernebene auf Koaxialkabeln (Lösung B)	102
5.4.1 Erforderliche Netzstruktur	102
5.4.2 Vorteile des digitalen Breitbandnetzes für die Fernebene	104
5.4.3 Verwendete Übertragungsmedien	104
5.4.4 Zugrunde gelegte Vermittlungseinrichtungen	104
5.4.5 Einführungsstrategie	105
5.5 Breitbandnetz mit optischer Nachrichtenübertragung in der Fernebene (Lösung C)	105
5.6 Digitales Breitbandnetz mit dezentralen Vermittlungen (Lösung D)	106
5.6.1 Prinzip der dezentralen Vermittlung	107
5.6.1.1 Nachrichtenföhrung im Ring bzw. Strang und Knoten	107
5.6.1.2 Signalübertragung und Verbindung von Teilnehmern	109
5.6.2 Netzstruktur	112
5.6.3 Einführungsstrategie	116
6 Möglichkeiten der Breitbandvermittlung	119
6.1 Vermittlungstechnische Anforderungen	119
6.1.1 Breitbandkanal	119
6.1.2 Verbindungsaufbau	119
6.1.3 Vermittlungstechnische Signale	121

	Seite	
6.1.4	Steuersignale zwischen Endstellen	122
6.1.5	Vollständigkeitskontrolle (Continuity check)	122
6.1.6	Gebührenerfassung und -anzeige	122
6.2	Realisierungsmöglichkeiten unter Mitbenutzung von Einrichtungen des Fernsprechnetzes	123
6.2.1	Einpassung der Vermittlung in das Breitbandnetz	123
6.2.2	Mitsteuerung der Breitbandvermittlung	124
6.2.2.1	Arbeitsweise einer elektronisch gesteuerten Fernsprechvermittlung (EWS)	124
6.2.2.2	Einrichtungen einer Breitbandvermittlung	125
6.2.2.3	Arbeitsweise der Mitsteuerung	125
6.2.3	Breitbandkoppelnetzwerk	128
6.2.3.1	Durchschalteprinzip und Übertragungstechnik	128
6.2.3.2	Koppelvielfache	129
6.2.3.3	Technologie des Breitband-Koppelpunktes	129
6.2.4	Vermittlungstechnischer Zugang zu kommunikationsspezifischen Einrichtungen	131
6.2.4.1	Auskunftsdienste	131
6.2.4.2	Bildfernsprech-Konferenz	132
6.3	Beispiel einer Raummultiplex-Vermittlung für ein analoges Breitbandnetz (Lösung A)	135
6.3.1	Vorbemerkungen zum Netz und Systemübersicht	135
6.3.2	Steuerung	137
6.3.3	Peripherie	139
6.4	Beispiel einer digitalen Raummultiplex-Breitbandvermittlung für Lösung B und C	139
6.4.1	Allgemeines	139
6.4.2	Integration des digitalen Breitbandkoppelnetzes in das elektronisch gesteuerte Wählsystem EWS	140
6.4.3	Synchronisierung des digitalen Breitbandnetzes	141
6.4.4	Signalisierung im digitalen Breitbandnetz	141
6.4.5	Digitales Breitbandkoppelnetz	141
6.5	Realisierung der vermittlungstechnischen Anforderungen im dezentral vermittelnden Breitbandnetz	144
6.5.1	Beschreibung der Teilnehmerschaltung	144
6.5.2	Beschreibung der Vorfeldeinrichtung (VfE)	145

	Seite
6.5.3 Zentrale Vermittlungs-, Übergangs- und Kompressionseinrichtungen	147
6.5.3.1 Zentrale Vermittlungseinrichtung zur Parallelverarbeitung bei Kanalgeschwindigkeit	147
6.5.3.2 Übergangseinrichtungen zwischen dezentral und zentral vermittelnden Netzen	148
6.5.3.3 Kompressionseinrichtungen	151
7 Typischer Investitionsaufwand für Breitbandvermittlungsnetze	154
7.1 Planungsmodelle	154
7.1.1 Voraussetzungen für den Vergleich der Investitionsaufwendungen	154
7.1.2 Geografische Verteilung der Breitbandteilnehmer	155
7.1.3 Fernnetzstruktur	157
7.1.4 Ortsnetzstruktur	157
7.1.5 Breitbandverkehr	159
7.1.6 Ausbaugrade	159
7.1.6.1 Ausbaugrad I	159
7.1.6.2 Ausbaugrad II	163
7.1.6.3 Ausbaugrad III	163
7.2 Investitionen für Lösung A	163
7.3 Investitionen für Lösung B	167
7.4 Investitionen für Lösung C	172
7.5 Investitionen für Lösung D	172
7.6 Vergleich der Investitionsaufwendungen	178
Verzeichnis der Abkürzungen	187

1 Überblick

Dieser Anlageband 6 zum Telekommunikationsbericht versucht, einen Überblick über Telekommunikationssysteme für die teilnehmerindividuelle (zweiseitig gerichtete) Übermittlung von Bewegtbildsignalen zu geben, technische Lösungen aufzuzeigen und die zur Errichtung derartiger Breitbandnetze erforderlichen Investitionen abzuschätzen. Er ergänzt damit den Anlageband 5 (Kabelfernsehen), der die Übermittlung von Breitbandsignalen in (einseitig gerichteten) Verteilnetzen untersucht. Während Kabelfernseh-Verteilnetze in einigen Ländern bereits realisiert sind, in anderen bald einer Verwirklichung näherkommen, sind Breitbandvermittlungsnetze und die in ihnen realisierbaren Telekommunikationsformen zunächst nirgendwo in nennenswertem Umfang erprobt und müssen daher wegen der vielen noch offenen Fragen zu den Telekommunikationsformen der fernerer Zukunft gerechnet werden.

In Kapitel 2 werden zunächst die Arten neuer Telekommunikationsformen vorgestellt. Eine Betrachtung der notwendigen Bandbreiten zeigt, daß ein Breitbandnetz mit vermittelten Verbindungen zwischen den Teilnehmern lediglich für die Übertragung bewegter Bilder erforderlich ist. Alle anderen Formen der Telekommunikation können auf bestehenden Fernmeldewählnetzen (evtl. nach geringfügigen Erweiterungen) oder durch die Verwendung überlassener Breitbandleitungen (z. B. für den Rechnerverbund) abgewickelt werden. Sie sind im Anlageband 4 zum Telekommunikationsbericht behandelt worden.

Die Übertragung bewegter Bilder zwischen Teilnehmern ist vor allem für das

— Bildfernsprechen

erforderlich. Es ermöglicht nicht nur die akustische, sondern auch die optische Kommunikation, d. h. zur Sprache des Gesprächspartners tritt zusätzlich sein Bild. Erste Versuche mit einem 1 MHz-Bildfernsprechnetz in den USA verliefen allerdings enttäuschend. Die Teilnehmer an diesem als picturephone bezeichneten Dienst bemängelten nicht nur die relativ hohen Gebühren — obwohl diese im Vergleich zum erforderlichen Aufwand sehr niedrig angesetzt waren —, sondern auch das zu kleine Bild. Zum Teil dürften sich in den Versuchsergebnissen die Unvollkommenheiten der 1 MHz-Norm widerspiegeln. Stärker ist jedoch zu vermuten, daß die wegen der geringen Teilnehmerzahl eingeschränkte Verwendungsmöglichkeit des Bildfernsprechers und die Ungeübtheit in der Ausnutzung möglicher Vorteile der Bewegtbildübermittlung eine positivere Beurteilung des Bildfernsprechens zum gegenwärtigen Zeitpunkt nicht zulassen. Dazu treten psychologische Hemmungen; die Teilnehmer fühlen sich beobachtet. Erste Erfahrungen mit einem Versuchsnetz in der Bundesrepublik Deutschland, an das ca. 20 Teilnehmer angeschlossen sind, brachten kaum ermutigendere Ergebnisse.

Die bis jetzt in Diskussion befindliche Norm für ein Bildfernsprechsignal mit 313 Zeilen und 25 Hz Bildwechselfrequenz und einer Bandbreite von etwa 1 MHz (im folgenden als BiF-1 MHz bezeichnet) erlaubt nur die Übertragung von Portraitbildern von etwa Postkartengröße (siehe Bild 2.5).

Eine bessere Auflösung bietet die übliche Fernschnorm mit 625 Zeilen und 5 MHz Bandbreite (im folgenden als BiF-5 MHz bezeichnet). Bildsignale nach dieser Norm erlauben, wie man aus den Erfahrungen mit den üblichen Fernsehgeräten weiß, nicht nur die Übertragung größerer Bilder von Personen und Personengruppen, sondern auch die Übertragung von Schreibmaschinentexten bis zur Größe DIN A 5 (Querformat) und von Strichzeichnungen mit meist ausreichender Auflösung. Allerdings bedingt diese Norm einen höheren Aufwand für die Einrichtungen zur Übertragung und Vermittlung der Signale. Dieser Aufwand könnte sich aber in fernerer Zukunft unter Einrechnung der erwarteten, technologischen Fortschritte auf den Gebieten der Übertragungs- und Vermittlungstechnik so sehr verringern, daß dann kein wesentlicher Unterschied mehr zwischen dem Aufwand für BiF-1 MHz- und BiF-5 MHz-Signale besteht.

Da aufgrund der bisherigen Erfahrungen vermutet wird, daß der Bildfernsprecher zunächst stärker für die Übermittlung von Texten und Zeichnungen, d. h. für die geschäftliche Kommunikation überhaupt, und weniger für die Übertragung von Portraitbildern eingesetzt wird, liegt den Überlegungen in dem hier vorliegenden Bericht vor allem die 5 MHz-Norm zugrunde. Wo immer notwendig, werden aber die Vergleichszahlen für den 1 MHz-Normvorschlag ebenfalls angegeben.

Es wird erwartet, daß Bildfernsprecher zunächst in Nebenstellenanlagen eingesetzt werden, da die bei der Übermittlung von BiF-5 MHz-Signalen auftretenden Übertragungs- und Vermittlungstechnischen Probleme dort besonders leicht gelöst werden können. In einer zweiten Phase könnte dann der Bildfernsprecher — vorwiegend für die geschäftliche Kommunikation — auch für die Fernübertragung Verwendung finden, da die relativ hohen Kosten durch mögliche Einsparungen der Firmen auf anderen Sektoren gerechtfertigt werden könnten. Und erst in einer dritten Phase werden wohl auch private Teilnehmer sich in größerer Zahl am Bildfernsprechen beteiligen.

Da es sich nur um Vermutungen handeln kann, andererseits aber Annahmen für die Abschätzung der Kosten für teilnehmerindividuelle, vermittelte Breitbandkommunikation getroffen werden mußten, wurden folgende drei Möglichkeiten (Ausbaugrade) betrachtet:

I	15 000 Geschäftsanschlüsse	≈ 0,1 %	} bezogen auf 15 Millionen Fernsprech- anschlüsse
II	150 000 teils geschäftliche / teils private Anschlüsse	≈ 1 %	
III	1 500 000 vorwiegend private Anschlüsse	≈ 10 %	

Basierend auf den Einrichtungen und Möglichkeiten des Bildfern-
sprechens werden zusätzlich als weitere Telekommunikationsformen

— Bildfernsprech-Konferenz

— Bewegtbildabruf

betrachtet.

Bei der Bildfernsprech-Konferenz sollen mehrere Bildfernsprechver-
bindungen so zusammengeschaltet werden, daß die Konferenzteilneh-
mer an ihrem Arbeitsplatz verbleiben und sich dennoch akustisch und
optisch verständigen können. Dies könnte, zumindest teilweise,
Dienstreisen erübrigen.

Beim Bewegtbildabruf soll der Teilnehmer durch Bereitstellung ent-
sprechender Informationsbanken die Möglichkeit erhalten, Bewegt-
bildinformation (z. B. Filme) an seinem Bildfernsprechergerät oder
Bildmonitor sehen zu können.

Tabelle 2.3 gibt einige Beispiele für die mögliche Verwendung der
Bewegtbildkommunikation, wobei kein Versuch einer quantitativen
Wertung gemacht wird. Besonders interessante und wichtige Anwen-
dungsfälle werden sich sicherlich erst im Laufe eines längeren Betrie-
bes herausstellen.

In Kapitel 3 werden die für die drei genannten Telekommunika-
tionsformen beim Teilnehmer bzw. in Bildbankzentralen erforder-
lichen Einrichtungen näher beschrieben. Als Endgerät beim Teilneh-
mer wird das Bildfernsprechgerät eingesetzt. Für dieses Grundgerät
und seine Zusatzeinrichtungen gibt es eine Vielzahl von Entwürfen,
die sich aber in ihren Grundzügen nur wenig unterscheiden. In Ab-
schnitt 3.1 werden wesentliche Eigenschaften von Bildfernsprechgerä-
ten besprochen und einige Beispiele gegeben. Die für den Bewegt-
bildabruf erforderlichen Bildbanken werden in Abschnitt 3.2 kurz
erläutert. Der Aufwand für die Ausstattung, den Betrieb und die
laufende Beschaffung und Erneuerung des Bildinformationsmaterials
hängt völlig von den Anforderungen ab und läßt sich daher allgemein
nicht angeben. Er wird jedoch nicht unbeträchtlich sein und sich nur
dann lohnen, wenn viele Teilnehmer an dieser Telekommunikations-
form partizipieren.

Kapitel 4 gibt einen Überblick über die heute vorhandene Technik
und die für die Zukunft absehbaren Möglichkeiten zur Übertragung
breitbandiger Signale. Hier sei zur Orientierung auch auf den Anlage-
band 3 zum Telekommunikationsbericht verwiesen. Neben dem analo-
gen Bildsignal und seiner Übertragung über Frequenzmultiplex-
systeme werden in Zukunft vor allem auch digitalisierte, d. h. durch
Quantisierung und Codierung in digitale Form umgewandelte Bild-
signale an Bedeutung gewinnen. Die sich dabei ergebenden Bitraten
können durch geeignete Quellencodierung reduziert werden, ohne
daß die Qualität von Bild und Ton merklich beeinträchtigt wird. Durch
Kanalcodierung (Abschnitt 4.1.3.3) läßt sich das Digitalsignal im Hin-
blick auf eine fehlerfreie Übertragung an das gewählte Übertragungs-

medium anpassen. Zeitmultiplexsysteme erlauben die gleichzeitige Übertragung vieler Digitalsignale auf ein und demselben Übertragungsmedium.

Für die Übertragung können die bekannten Kabel- und Richtfunk-systeme Verwendung finden. Größere Übertragungskapazitäten erwartet man durch die noch in der Forschung bzw. Entwicklung befindlichen neuen Übertragungsmedien

- Hohlkabel
- Kryokabel
- Glasfaserkabel

Insbesondere die optische Nachrichtenübertragung auf Glasfasern hat vielversprechende Ansätze gemacht und könnte zu einer wesentlichen Reduzierung der Kosten für die Übertragung breitbandiger Signale führen.

Kapitel 5 behandelt allgemeine Fragen der Gestaltung von Breitbandnetzen. In Abschnitt 5.1 werden zunächst die Anforderungen an derartige Netze beschrieben. Sie sind gekennzeichnet durch die Kategorien von Teilnehmern, ihre geographische Verteilung unter den Annahmen (Ausbaugrade) I, II und III, die Verkehrswerte und die Verkehrsstruktur und schließlich die Anforderungen an die Dienstgüte und Zuverlässigkeit.

Abschnitt 5.2 gibt dann eine Übersicht über die in Nachrichtennetzen verwendeten Strukturen und ihre Eigenschaften. Neben dem im Fernsprechnetzen üblichen Stern-Maschen-Netz ist in Zukunft auch das Verzweigungsnetz in Verbindung mit dezentraler Vermittlung von Interesse.

Die Abschnitte 5.3 bis 5.6 beschreiben dann vier der weiteren Betrachtung zugrundegelegte Varianten von Breitbandnetzen:

Lösung A — Breitbandnetz mit analoger Übertragung im Orts- und Fernnetz auf heute verfügbaren Medien

Lösung B — Breitbandnetz mit analoger Übertragung im Ortsnetz und digitaler Übertragung in der Fernebene auf heute verfügbaren Medien

Lösung C — Variante von Lösung B, bei der die Übertragung im Fernnetz auf Glasfaserkabeln erfolgt

Lösung D — Digitales Breitbandnetz mit dezentraler Vermittlung im Ortsnetz und optischer Nachrichtenübertragung

Das analoge Breitbandnetz (Lösung A) baut auf dem vorhandenen Fernsprechnetzen mit seiner Stern-Maschen-Struktur und seiner hierarchischen Gliederung auf. Die Übertragung der Bildsignale erfolgt in allen Netzebenen analog. Dabei können im Fernnetz die vorhandenen bzw. geplanten Frequenzmultiplex-Weitverkehrssysteme eingesetzt werden. Im Ortsnetz müssen für die Übertragung der breitbandigen

Signale getrennte Adernpaare für die Hin- bzw. Rückrichtung eingesetzt werden. Dazu muß das Anschlußleitungsnetz — zumindest teilweise — modifiziert und gegebenenfalls ausgebaut sowie das Verbindungsleitungsnetz durch Verlegen neuer, bündelgeschirmter, symmetrischer Kabel erweitert werden. Die Sprachübertragung erfolgt über das vorhandene Fernsprechnet. Für die Vermittlung der Bildfernprechsignale müssen Raummultiplex-Breitbandvermittlungen geschaffen werden. Ein derartiges Breitbandnetz könnte in drei Entwicklungsstufen in Erweiterung des heutigen Fernsprechnetzes entstehen (Abschnitt 5.3.4).

Im Hinblick auf die hohen Kosten der Übertragung im Fernnetz ist von mehreren Fernmeldeverwaltungen vorgeschlagen worden, im lokalen oder regionalen Netz Bildfernsprechen nach der 5 MHz-Norm durchzuführen und diese Signale dann für den Weitverkehr, insbesondere auch bei internationalen Verbindungen, in Signale nach der 1 MHz-Norm umzuwandeln. Auch diese Variante der Lösung A und ihre Kosten werden kurz betrachtet.

L ö s u n g B unterscheidet sich von Lösung A nur insofern, als die Bildfernprechsignale in der Fernebene (oberhalb des Ortsnetzes) digital anstatt analog übertragen werden. Damit wird der möglichen Entwicklung neuer, digitaler Weitverkehrs-Übertragungssysteme auf Koaxialkabeln Rechnung getragen. Die digitalen Signale werden durch neu zu entwickelnde Raummultiplex-Vermittlungen in Form von Bitströmen vermittelt.

Die Lösungen C und D sind am weitesten in die Zukunft projiziert, da sie von der noch in der Forschung befindlichen optischen Nachrichtenübertragung auf Glasfaserkabeln mit einer Bitrate von 1,2 Gbit/s ausgehen. L ö s u n g C unterscheidet sich von Lösung B dadurch, daß die digitale Übertragung im Fernnetz in einem Glasfasernetz anstatt auf Koaxialkabeln erfolgen soll. Dieses Glasfasernetz müßte parallel zum vorhandenen Übertragungsnetz erstellt werden.

Bei L ö s u n g D wird das Bildfernprechsignal einschließlich der Sprache bereits beim Teilnehmer digitalisiert und voll digital im Zeitmultiplex in allen Netzebenen übertragen. Dazu ist notwendig, daß auch in der Ortsebene ein völlig neues Netz aufgebaut wird, wobei angenommen wird, daß zu diesem Zeitpunkt die Technik der optischen Übertragung technologisch ausgereift und wirtschaftlicher als die bisherige Übertragungstechnik ist. Das Fernnetz hat eine Stern-Maschen-Struktur wie bei den Lösungen A, B und C. Dagegen wird im Ortsnetz das neue Prinzip der dezentralen Vermittlung eingesetzt. Bei diesem Verfahren sind alle Teilnehmer einer Netzgrundeinheit beispielsweise in Form eines Verzweigungsnetzes an einen einzigen, breitbandigen Übertragungspfad angeschlossen und senden bzw. empfangen ihre Nachrichten durch Belegen von Zeitplätzen eines Zeitrahmens (Zeitmultiplex). Da die Bitrate im Übertragungskanal so groß ist, können mehrere Dienste in einem derartigen System integriert werden, so z. B. Sprache, Daten, Bildfernprechsignale und Fernsehsignale.

Kapitel 6 behandelt die Möglichkeiten, die erforderlichen Breitbandvermittlungsanlagen zu realisieren. In Abschnitt 6.1 werden zuerst die vermittlungstechnischen Anforderungen, z. B. hinsichtlich des Breitbandkanals, des Verbindungsaufbaus, der vermittlungstechnischen Signale und der Gebührenerfassung, beschrieben. Abschnitt 6.2 erläutert dann die Möglichkeiten, Breitbandvermittlungen unter Mitverwendung bestehender Fernsprechvermittlungen zu schaffen. Dabei wird vorausgesetzt, daß Vermittlungen vom Typ EWS vorhanden sind, die durch Beifügen von Breitbandkoppelfeldern erweitert werden. Die Steuerung und die Signalisierung übernimmt die Fernsprechvermittlung.

Abschnitt 6.3 zeigt, wie auf dieser Basis Räummultiplex-Breitbandvermittlungen für das Netzmodell Lösung A gebildet werden können. Dabei werden eine kleine Vermittlung für 60 und eine große für 1 000 Breitbandteilnehmer beschrieben.

In Abschnitt 6.4 wird, ebenfalls unter Verwendung von zentralen und teilzentralen EWS-Einrichtungen, eine Räummultiplexvermittlung für digitale Signale vorgestellt, wie sie in den oberen Netzebenen in den Netzmodellen der Lösungen B bis D eingesetzt werden könnte.

Schließlich zeigt Abschnitt 6.5, wie sich die vermittlungstechnischen Anforderungen in einem dezentral vermittelten Ortsnetz (Lösung D) realisieren ließen.

In Kapitel 7 wird versucht, eine Antwort auf die besonders wichtige Frage des typischen Investitionsaufwandes für Breitbandnetze zu geben. Zunächst werden die Voraussetzungen für den Kostenvergleich beschrieben. Betrachtet werden die Lösungen A, B, C und D, jeweils mit den Bedarfsannahmen (Ausbaugrade) I, II und III. Die Aufwendungen für diese Planungsmodelle basieren auf den Preiserwartungen 1975, umfassen weder die zusätzlichen Ausgaben während der Einführungsphase noch für den laufenden Betrieb und haben wegen der modellmäßigen Vereinfachungen nur orientierenden Charakter. Die angegebenen Zahlen sind selbstverständlich um so unsicherer, je weiter der Modellentwurf in die Zukunft weist. Während sich die Investitionsaufwendungen für das Netzmodell Lösung A noch mit ausreichender Genauigkeit übersehen lassen, sind die Kosten für das Netzmodell Lösung C und insbesondere Lösung D mit der dezentralen Vermittlung und der optischen Übertragung der Signale auf Glasfasern auf Vermutungen nach dem heutigen Stand des Wissens angewiesen.

In Abschnitt 7.1 werden diese Planungsmodelle, die Verteilung der Breitbandteilnehmer, die Struktur von Fern- und Ortsnetz und die Ausbaugrade beschrieben. Dann werden in den Abschnitten 7.2 bis 7.5 jeweils für die Lösungen A, B, C und D die Investitionen ermittelt, und zwar gegliedert in die Anteile für die Übertragung im Orts- und Fernnetz, für die Vermittlung im Orts- und Fernnetz und für das Endgerät. Sie sind in den Tabellen 7.9, 7.11, 7.13 und 7.15 aufgelistet.

Der angegebene Investitionsaufwand berücksichtigt die Übertragung und Vermittlung von farbigen Bildfernprechsignalen mit 5 MHz

Bandbreite. Die Möglichkeit, auch Farbbilder in einem Breitbandnetz für Bildfernsprechen übertragen zu können, sollte von Anfang an bei einer evtl. Netzplanung berücksichtigt werden. Allerdings sind in diesem Fall die Kosten für das Endgerät beim momentanen Stand der Technik wesentlich höher. Daher zeigen die Tabellen 7.9, 7.11, 7.13 und 7.15 auch die entsprechenden Werte für Schwarz/Weiß-Signale nach der 5MHz-Norm und für Schwarz/Weiß-Bildfernsprechen nach dem 1 MHz-Normvorschlag.

Bild 7.16 gibt eine graphische Darstellung der für die Übermittlung farbiger Bildfernsprechsignale erforderlichen Investitionen je Breitbandteilnehmer. Die entsprechende Darstellung für Schwarz/Weiß-Signale zeigen die Bilder 7.17 für die 5MHz-Norm und Bild 7.18 für die 1 MHz-Norm. Wie erwartet, nehmen die auf den Teilnehmer bezogenen Investitionen mit wachsender Teilnehmerzahl ab; sie sind jedoch immer noch wesentlich höher als die durchschnittlichen Investitionen je Teilnehmer im Fernsprechnet (ca. 5000 DM je Teilnehmer).

Bild 7.19 gibt eine Gliederung der Investitionsanteile für die verschiedenen Netzlösungen (A bis D) und Ausbaugrade (I, II, III) für ein farbträchtiges Bildfernsprechnet. Man erkennt, daß bei niedrigen Ausbaugraden die Lösungen C und D weniger Investitionen als die beiden anderen Lösungen benötigen. Dies ist nahezu ausschließlich auf die niedrigeren Übertragungskosten über Glasfaserkabel im Fernnetz zurückzuführen, wobei die dafür eingesetzten Werte besonders unsichere Schätzwerte darstellen, da die wirklichen Kosten für die optische Übertragung über Glasfasern noch unbekannt sind. Im Ortsnetz sind die einzelnen Investitionsanteile zwischen den Lösungen A bis C einerseits und der Lösung D andererseits verschieden; die Summe der drei Anteile ist jedoch praktisch konstant. Die Bilder 7.20 und 7.21 geben eine entsprechende Gliederung der Investitionsanteile für Schwarz/Weiß-Bildfernsprechen nach der 5MHz- bzw. 1MHz-Norm.

Bei einer vergleichenden Betrachtung des Investitionsaufwandes für die Lösung D einerseits und die Lösungen A bis C andererseits ist zu beachten, daß bei Lösung D nicht nur im Fernnetz, sondern auch im Ortsnetz neue Kabel (Glasfaser) verlegt werden müssen. Im Gegensatz dazu wird bei den Lösungen A bis C für den Fall des Schwarz/Weiß-Bildfernsprechens eine teilweise Mitbenutzung der im Ortsnetz bereits liegenden Kupferkabel vorgesehen.

Wie bereits erwähnt, bestehen Vorschläge, bei Schwarz/Weiß-Bildfernsprechen und Lösung A die 5MHz-Norm im Ortsnetz und (mittels Normwandlung) die 1MHz-Norm im Fernnetz einzusetzen. Bei dieser Variante A' der Lösung A würden sich, wie Tabelle 7.9.d und Bild 7.17 zeigen, merkliche Einsparungen ergeben, solange die Teilnehmerzahl gering ist. Allerdings ist damit auch eine Verringerung der Wiedergabequalität von Bewegtbildern verbunden.

Die Bilder 7.22 und 7.23 zeigen dann die für derartige Breitbandnetze erforderlichen Gesamtinvestitionen, wobei die Kurven — selbst-

verständlich mit großer Unsicherheit behaftet — auf den 100%-Wert extrapoliert wurden. Man erkennt, daß für den Fall, daß alle 15 Millionen Fernsprechteilnehmer einen Bildfernsprechanschluß erhalten sollen, je nach Norm und damit Qualitätsansprüchen, Investitionen in Höhe von etwa 100 bzw. 150 bzw. 300 Milliarden DM zusätzlich zu den (im wesentlichen bereits getätigten) Investitionen im Fernsprechnet in Höhe von etwa 75 Milliarden DM erforderlich wären.

Eine grobe Abschätzung ergab auch, daß die bei einer Integration zwischen einem Kabelfernseh-Verteilnetz und einem vermittelten Breitbandnetz durch gemeinsame Nutzung der Kabel in den Netzausläufern möglichen Einsparungen gering sind und in der Regel nicht realisiert werden können, da die beiden Teilnehmergruppen meist geografisch anders verteilt sind und der Ausbau in verschiedenen Zeiträumen erfolgt.

Die in diesem Bericht für die Breitbandkommunikation aufgezeigten Netzmodelle können nur realisiert werden, wenn durch intensive Forschung und Entwicklung das zu beschreitende Neuland erschlossen und technisch einsatzfähige, kostengünstige Lösungen erarbeitet worden sind. Dies gilt vor allem für die mehr in die Zukunft gerichteten Netzmodelle C und D und die darin verwendete optische Übertragung auf Glasfasern.

2 Neue Telekommunikationsformen

2.1 Arten

Die folgenden Ausführungen geben einen Überblick über Telekommunikationsformen, die in der Diskussion über vermittelte Breitbandkommunikation häufig genannt werden. Neben der Beschreibung der Telekommunikationsformen wird auch untersucht, ob diese tatsächlich nur in einem vermittelten Breitbandnetz realisiert werden können. Dabei ergibt sich, daß nur das Bildfernsprechen, die Bildfernsprech-Konferenz und der Bewegtbildabruf die hohen Übertragungs- und vermittlungstechnischen Anforderungen stellen, die nur in einem neuen vermittelten Breitbandnetz zu verwirklichen sind.

2.1.1 Text- und Datenkommunikation

Unter Text- und Datenkommunikation wird hier die Übermittlung alpha-numerischer Zeichen, d. h. Buchstaben, Ziffern und anderer Zeichen, verstanden, die einem definierten Zeichenvorrat angehören. Dieser Zeichenvorrat wird häufig auch als Alphabet bezeichnet. Jedem Zeichen ist ein bestimmtes elektrisches Signal zugeordnet, das aus einer Folge von Ja/Nein-Schritten (z. B. Strom — kein Strom) besteht. Text- und Datensignale sind also gleichermaßen digitale Signale, der Unterschied zwischen Text- und Datenkommunikation ist ausschließlich von der Zielsetzung der Kommunikation her gegeben, was schon daraus hervorgeht, daß zur Text- und zur Datenübermittlung dasselbe Alphabet verwendet werden kann.

Textkommunikation liegt vor, wenn schriftlich dargestellte Nachrichten zwischen zwei oder mehreren Teilnehmern übermittelt werden. Die heute bekannteste Form der Textkommunikation ist der *Telexdienst*, der weltweit den Austausch von Textnachrichten erlaubt. Der Nachteil des Telexdienstes liegt in seiner relativ geringen Übertragungsgeschwindigkeit ($6\frac{2}{3}$ Zeichen/Sekunde) und dem eingeschränkten Zeichenvorrat, der z. B. nur Groß- oder Kleinschreibung erlaubt. Wenn in den weiteren Ausführungen von „Textübertragung“ gesprochen wird, so soll in Abgrenzung zum Telexdienst darunter eine Telekommunikationsform verstanden werden, die mit größerer Übertragungsgeschwindigkeit die Übermittlung von „Volltext“, d. h. aller von der Schreibmaschine her bekannten Zeichen, erlaubt. Anzumerken ist, daß die Volltextübertragung im Gegensatz zum Telexdienst vorläufig nicht möglich ist, da eine entsprechende Telekommunikationsform bisher noch von keiner Fernmeldeverwaltung eingeführt wurde.

Zur Abgrenzung gegenüber der Datenkommunikation wird bei der Textkommunikation angenommen, daß zumindest die Ausgabe der übermittelten Zeichen in einer für den Menschen lesbaren Form erfolgt.

Datenkommunikation liegt dann vor, wenn die übermittelten Nachrichten (Daten) zur Verarbeitung in einer EDV-Anlage bestimmt sind. Es sei angemerkt, daß sich die Grenzen zwischen Text- und Datenkommunikation nicht exakt definieren lassen, da der Begriff „Verarbeitung“ bisher nicht gültig beschrieben wurde.

Die bisherigen Marktuntersuchungen und die bisher bekanntgewordenen Produktentwicklungen zeigen, daß sich die für Text- und Datenkommunikation geforderten Übertragungsgeschwindigkeiten in den bestehenden öffentlichen Wählvermittlungsnetzen, nämlich im Datexnetz, mit einer Geschwindigkeit von 200 (300) bit/s, im Fernsprechnetzt mittels Modem mit 2400 bit/s sowie im neuen Datennetz (EDS: 2400 bit/s; 9600 bit/s; 48 kbit/s) realisieren lassen. Für diese Telekommunikationsformen, aber auch zur Realisierung breitbandiger Datenverbindungen, beispielsweise für Rechnerverbund, besteht nicht die Notwendigkeit, ein neues Breitbandvermittlungsnetz zu schaffen. Text- und Datenkommunikation werden daher im Anlageband 4 zum Telekommunikationsbericht behandelt.

2.1.2 Festbildkommunikation

Unter Festbildern werden Vorlagen verstanden, die Abbildungen, Graphiken oder Texte beliebiger Art enthalten können. Ziel der Festbildkommunikation ist es, die Vorlage originalgetreu an einen fernen Ort zu übertragen und dort zu reproduzieren. Im Unterschied zur Textkommunikation handelt es sich primär um nichtcodierte Quellsignale, bei denen nicht nur der Inhalt, sondern auch die Form der Darstellung (z. B. Handschrift) unverändert wiedergegeben werden.

Um dies zu erreichen, muß die Vorlage punktweise abgetastet, übertragen und wiedergegeben werden. Üblicherweise wird bei der Abtastung der Bildvorlage nur zwischen schwarz und weiß unterschieden. Die Übermittlung von Grautönen oder von Farben ist prinzipiell möglich, verteuert aber die Endgeräte und verlängert die Übertragungszeit, da pro Bildpunkt eine entsprechend größere Menge von Informationen übermittelt werden müssen.

Einen Spezialfall der Festbildkommunikation stellt die Übermittlung von Festbildfolgen dar. Wird die Übertragungszeit für ein Festbild so weit verringert, daß nur noch etwa 20 bis 40 s zur Übertragung eines vollständigen Bildes benötigt werden, dann sind Verfahren vorstellbar, die gesprächsbegleitend den relativ häufigen Wechsel eines stehenden Bildes ermöglichen. Dadurch läßt sich das Entstehen eines Bildes (z. B. einer Handskizze) verfolgen oder die Diskussion verschiedener Bildvorlagen erleichtern. Festbildfolgen könnten sich als eine kostenmäßig interessante Vorstufe (oder Alternative) zur Bewegtbildübertragung erweisen.

Die zur Festbildkommunikation notwendigen Erfordernisse stellen gegenüber den heute vorhandenen Diensten keine wesentlich erhöhten technischen Anforderungen, so daß ihre Realisierung im Rahmen des heute Vorhandenen oder Geplanten möglich ist. Die Festbildkommunikation wurde deshalb im Anlageband 4 zum Telekommunikationsbericht ausführlich diskutiert.

2.1.3 **Bewegtbildkommunikation**

Die vermittelte Übertragung bewegter Bilder zwischen beliebigen Partnern stellt die höchsten bisher bekannten Anforderungen (Bandbreite) an ein fernmeldetechnisches Kommunikationsnetz. Da die für die Sprach- oder Zeichenübermittlung eingerichteten bestehenden Netze diese Anforderungen nicht befriedigen können, muß für die Bewegtbildkommunikation ein neues Netz errichtet werden. Generell wird dabei davon auszugehen sein, daß von der Technik und von der Anwendung her eine neue „Ebene“ der Informationsübermittlung zu erschließen ist. Für die technische Gestaltung des Netzes bedeutet die Bewegtbildkommunikation, daß im Vergleich zum Fernsprechen und zur Text- und Datenkommunikation sehr große Nachrichtenmengen für viele Teilnehmer übertragen werden müssen. Für den Anwender tritt zum gesprochenen Wort oder zum geschriebenen Text das bewegte Bild, dessen Informationsgehalt in die Kommunikation einbezogen und eingeordnet werden muß, wobei heute noch gar nicht vollständig erfaßbar ist, welchen zusätzlichen Informationswert das bewegte Bild besitzen wird. Man wird sicherlich davon ausgehen können (und müssen), daß die Bewegtbildkommunikation nicht einfach der Sprache das Bild hinzufügt, sondern daß völlig neue „Wertebenen“ der Kommunikation erschlossen werden.

Der vorliegende Bericht wird sich ausschließlich mit der Bewegtbildkommunikation befassen, da — wie oben ausgeführt — alle anderen diskutierten neuen Telekommunikationsformen in den bestehenden Netzen direkt oder durch relativ geringfügige technische Modifikationen realisiert werden können. Andererseits lassen sich in einem vermittelnden Bewegtbildkommunikationsnetz alle bestehenden und neuen Fernmeldedienste vom Grundsatz her „integriert“ darstellen. Dies gilt insbesondere für ein digitales Breitbandnetz. Zur Verdeutlichung zeigt Bild 2.1 qualitativ den nachrichtentechnischen Aufwand für ein vermitteltes Breitbandnetz im Vergleich zu den heute existierenden Fernmeldenetzen.

Entsprechend dem gegenwärtigen Stand der Untersuchungen über die mögliche Nachfrage nach Bewegtbilddiensten sollen im folgenden drei Telekommunikationsformen näher untersucht werden, und zwar:

- Bildfernsprechen
- Bildfernsprech-Konferenz
- Bewegtbildabruf

Das **Bildfernsprechen** bildet die nachrichtentechnische Grundlage für die beiden weiteren Formen der Bewegtbildkommunikation, da in einem Bildfernsprechnet jedem Teilnehmer individuell Bewegtbildübertragungswege in Hin- und Rückrichtung zur Verfügung stehen müssen. Wie heute im Fernsprechnet, kann der Bildfernsprechteilnehmer einen anderen Partner durch Wahl der entsprechenden Teilnehmernummer direkt erreichen. Zur Sprache tritt das bewegte Bild des Gesprächspartners. Obwohl der Grundgedanke des Bildfernsprechens darin liegt, die natürliche Kommunikation zwischen

Teilnehmerbeziehung	Nachrichten- fluß	Kanalbandbreite		
		bis ca. 250 Hz	4 kHz	5 MHz
Individuell, zwischen einzelnen Teilnehmern		Telex-und Datexnetz	Fernsprech- netz	Betrachtetes vermitteltes Breitband- netz
Individuell, zwischen Zentrale u. Teilnehmern		Mietleitungen und Mietnetze für spezielle Anwendungen		
Individuell, Sammeln von Zentrale				
Gleichzeitige Verbindung von Zentrale zu eingeschränkter Teilnehmergruppe				
Gleichzeitige Verbindung von Zentrale zu allen Teilnehmern		Ton-und Fernseh- Rundfunknetze		

Steigender Aufwand

Bild 2.1 Nachrichtentechnischer Aufwand für existierende Netze im Vergleich zum betrachteten Breitbandnetz

zwei Menschen möglichst vollkommen nachrichtentechnisch nachzubilden, werden heute bei der Bewertung des Bildfernsprechens vor allem die Möglichkeiten der Festbildübertragung mit in den Vordergrund gestellt, da hierin meßbare Gewinne an Informationsqualität gegenüber dem Fernsprechen gesehen werden. Die Übermittlung von Unterlagen oder die Gesprächsunterstützung durch erläuternde Bilder, Skizzen o. ä. ist beim Bildfernsprechen leicht möglich, wobei die Umschaltung vom bewegten Bild des Gesprächspartners zur Unterlagenübermittlung und zurück während des Gesprächs beliebig oft erfolgen kann und im Gegensatz zur Festbildübertragung in bestehenden Netzen keine Unterbrechung des Gesprächs und keine Verzugszeit bei der Übertragung des Festbildes erfolgt. Der Gesprächsfluß wird also zu keiner Zeit gestört.

Die Bildfernsprech-Konferenz erweitert den Kreis der an einem Gespräch teilnehmenden fernen Gesprächspartner, so daß Konferenzen ohne vorherige Anreise der Beteiligten und ohne zeitliche Verzögerungen möglich sind.

Die Bildfernsprech-Konferenz soll hier als eine besondere Telekommunikationsform im Rahmen des Bildfernsprechens verstanden werden, die es gestattet, mehrere Teilnehmer so miteinander zu verbind-

den, daß sie miteinander konferieren, d. h. einander sehen und miteinander sprechen können, ohne in einem Raum versammelt zu sein. Wie weiter unten ausgeführt, können an die Stelle von Einzelteilnehmern auch Teilnehmergruppen in besonderen Konferenzstudios des Teilnehmers treten.

Als eine weitere Form der Bewegtbildkonferenz ist die „Videokonferenz“ zu nennen, die sich dadurch von der Bildfernsprechkonferenz unterscheidet, daß hier besonders hochwertig ausgerüstete Konferenzstudios zur Verfügung stehen, die zum Beispiel großformatige Bildwiedergabemöglichkeiten und Spezialeinrichtungen zur Dokumentenübermittlung besitzen. Entsprechend dem hohen Aufwand können solche Studios nur in größeren Orten erstellt werden, in denen eine ständige Auslastung zu erwarten ist.

Für die Nachrichtenübermittlung zwischen solchen Studios läßt sich ein besonders hoher Übertragungstechnischer Aufwand (z. B. Bandbreite 15 MHz) denken, da die Zahl derartiger Studios vergleichsweise gering ist. Aus dem gleichen Grund wird die Verbindung der Studios untereinander zweckmäßigerweise direkt, ohne zwischengeschaltete Vermittlungseinrichtungen erfolgen.

Die „Videokonferenz“ mit einer Bandbreite von 5 MHz läßt sich getrennt vom Bildfernsprechnet bereits heute realisieren. Sie könnte insbesondere im internationalen Rahmen Bedeutung gewinnen, auch wenn heute die Kosten der Videokonferenz noch die direkten Reisekosten der Gesprächspartner übersteigen. Wegen der besonderen technischen Realisierungsanforderungen wird die Videokonferenz in diesem Bericht nicht weiter beschrieben.

Beim Bewegtbildabruf findet die Bewegtbildkommunikation nicht zwischen zwei beliebigen Bildfernsprechteilnehmern statt, sondern zwischen einer zentralen Bildbank und beliebigen Teilnehmern. Der Teilnehmer kann eine solche Bildbank anwählen und sich individuell Bewegtbildinformation (z. B. Filme) aber auch hochaufgelöste Festbilder übermitteln lassen. Diese Telekommunikationsform unterscheidet sich Übermittlungstechnisch insofern vom Bildfernsprechen und von der Bewegtbildkonferenz als nur in einer Richtung, nämlich von der zentralen Informationsbank zum Teilnehmer, Bewegtbilder zu übertragen sind.

Da beim Bewegtbildabruf Bewegtbilder teilnehmerindividuell angefordert und übermittelt werden, unterscheidet sich diese Telekommunikationsform auch netztechnisch gesehen vom Kabelfernsehen und vom Pay-TV.

Mit Hilfe des individuellen Bewegtbildkanals von der zentralen Bildbank zum Teilnehmer lassen sich gegenüber der Festbildübermittlung erweiterte Informationsmöglichkeiten, wie Fernbestellen, Fernbuchen von Reisen bis hin zum interaktiven Fernunterricht, schaffen, die sich bei der gleichzeitigen Nutzung des (im Bildfernsprechnet vorhandenen) individuellen Bewegtbildkanals vom Teilnehmer zur Zentrale noch wesentlich erweitern lassen, was hier nur angemerkt sei.

Die unterschiedlichen Kommunikationsstrukturen, die bei den drei oben erläuterten Telekommunikationskategorien auftreten, zeigt Bild 2.2. Eine Zusammenstellung möglicher Anwendungen der Bewegtbildkommunikation ist in Tabelle 2.3 enthalten.

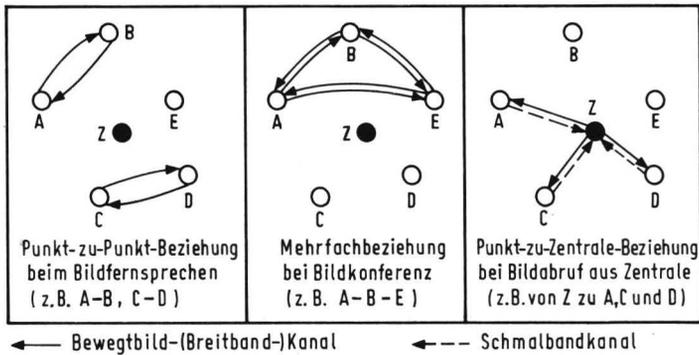


Bild 2.2 Teilnehmerbeziehungen bei den betrachteten Formen der Bewegtbildkommunikation

2.2 Betriebliche Merkmale der Bewegtbildkommunikation

Zur weiteren Erläuterung der in diesem Bericht dargestellten Telekommunikationsformen und zum Verständnis der grundsätzlichen Annahmen, die den Modellrechnungen zugrunde liegen, ist es notwendig, betriebliche Merkmale der Bewegtbildkommunikation zu beschreiben.

Die Übertragungsleistung des Netzes richtet sich nach den Anforderungen, die an die Qualität des Bildes gestellt werden. Da für die Aufnahme der zu übertragenden Bilder eine elektronische Kamera (ähnlich einer Fernsehkamera) verwendet wird, hängt die erreichbare Genauigkeit der Bildwiedergabe von der Auflösung des Bildes am Aufnahmeort ab. Die elektronische Kamera tastet das Bild zeilenweise ab. Entsprechend wird es am Empfangsort zeilenweise wieder zusammengesetzt, das Bild wird „geschrieben“. Bei der Wahl der Zeilenzahl, mit der das Bild abgetastet wird, sind zwei unterschiedliche Anforderungen zu beachten, und zwar die Wiedergabe üblicher Bewegungsabläufe und die Wiedergabe von Festbildvorlagen, also Graphiken, Texten o. ä. Wegen des relativ hohen Informationsgehaltes von Festbildvorlagen stellt deren Wiedergabe besondere Anforderungen an die Bildauflösung. So ist es beispielsweise nicht möglich, die heute übliche Fernsehnorm mit 625 Zeilen pro Bild zur Übermittlung einer vollen DIN A4-Seite zu verwenden, da hiermit nur eine Auflösung von etwa 2 Linien pro Millimeter erreicht wird, die eine eindeutige und vor allem leicht lesbare Reproduktion ausschließt. Zum Vergleich sei erwähnt, daß Faksimilegeräte üblicherweise mit etwa 4 Linien pro Millimeter arbeiten und bereits hierbei die Wiedergabe von Graphiken oft nicht möglich und die Qualität der

Gruppen entsprechend Nachrichtenfluß	Anwendungsgebiete	Bedarfs-träger		Art der Nachrichtenausgabe (einschl. nachr.-techn. Alternativen)							Alternativen nachrichten-technische und sonstige Kommunikations-formen	Vorteil der Bildkommunikation gegenüber den genannten Alternativen		Wert des Festbildes ¹⁾ (gegenüber Alternativen)	Zusatzwert des Bewegtbildes gegenüber Festbild ¹⁾
		Gruppen- oder öffentl. Bedarf	private Bedürfnisse	Daten	Text	Sprache	Festbild Sichtausgabe	Festbild, Dokumentenausgabe	Festbild mit Sprache	Bewegtbild mit Ton (TV)		bei Festbild-übermittlung	bei Bewegtbild-übermittlung (zusätzlich)		
Individueller Bildkanal von Zentrale zu Teilnehmer	Fahrplan-, Flugplan-, Fernsprech- und Adreßauskunft		×		×	×	×				Auskunftsbücher, Fernsprechansagedienst, Fernsprechauskunftsdienst	Aktualität, Verfügbarkeit, Vollständigkeit, Personaleinsparung	-	2	-
	aktueller Nachrichtendienst („elektronische Zeitung“)	×	×		×	×	×				Rundfunk, Fernsprechansagedienst, Zeitung	Kombination von bildhafter Darstellung und Aktualität	-	2	-
	Arbeitsunterlagen (Bauelementedaten, Lagerbestände, Literaturinformationen, Management-Daten)	×	×	×	×		×	×			Kataloge, Datenblätter, Akten, Fernsprechen, traditionelle Informationswege	Aktualität, Verfügbarkeit, Vollständigkeit	-	2	-
	Angebotsvergleich (Fernbestellen, Fernbuchen von Reisen, Immobilien)		×				×		×	×	persönliches Aufsuchen des Objektes, Kataloge, Prospekte	Bequemlichkeit, Zeitersparnis	größere Information durch Bewegtbilddarstellung	3	3
	Fahndungsunterlagen (Paßbild, Fingerabdrücke, Steckbrief)	×					×	×			materieller Transport	Aktualität	-	1	-

¹⁾ 1 = groß, 2 = mittel, 3 = gering

Tabelle 2.3 Anwendungen der Bildkommunikation, Analyse und Bewertung

Gruppen- entsprechend Nachrichtenfluß	Anwendungs- gebiete	Bedarfs- träger		Art der Nachrichtenausgabe (einschl. nachr.-tech. Alternativen)							Alternativen nachrichten- technische und sonstige Kommunikations- formen	Vorteil der Bildkommunikation gegenüber den genannten Alternativen		Wert des Festbildes ¹⁾ (gegenüber Alternativen)	Zusatzwert des Beweg- bildes gegenüber Festbild ¹⁾
		Gruppen- oder öffentl. Bedarf	private Bedürfnisse	Daten	Text	Sprache	Festbild Sichtausgabe	Festbild, Doku- mentenausgabe	Festbild mit Sprache	Bewegtbild mit Ton (TV)		bei Festbild- übermittlung	bei Bewegtbild- übermittlung (zusätzlich)		
Individueller Bildkanal von Zentrale zu Teilnehmer	interaktiver Fernunterricht		×		×	×	×		×	×	Speichermedien, Telekolleg mit Begleitmaterial u. Zusatzseminaren, schriftl. Fernstudienlehrgänge, Lehren in Ausbildungsstätten	interaktiver Fernlehrprozeß, Zeitersparnis	Darstellung von Bewegungsabläufen	2	2
Individueller Bildkanal von Teilnehmer zu Zentrale	lokale Fernsehprogramme	×	×							×	lokale Zeitung	-	Kombination von Bewegtbild- darstellung und Aktualität		
	Identitätsprüfung	×		×		×	×				codierte Ausweiskarte, Sprachspektrogramm-Auswertung	kein hoher Geräteaufwand in der Zentrale	-	3	-
	Dokumentenprüfung (Banken, Versicherungen, Behörden)	×					×				Ausweis, Scheckkarte	erhöhte Sicherheit	-	1	-
	Überwachung und Beobachtung (Verkehr, Anlagen, Gebäude, Wetter, Umwelt, Kranke)	×								×	Anwesenheit von Personal, lokale Alarmgeber	Personaleinsparung, erhöhte Sicherheit, effektive Prozeßlenkung	mehr Information	1...2	2

¹⁾ 1 = groß, 2 = mittel, 3 = gering

Gruppen entsprechend Nachrichtenfluß	Anwendungs- gebiete	Bedarfs- träger		Art der Nachrichtenausgabe (einschl. nachr.-techn. Alternativen)							Alternativen nachrichten- technische und sonstige Kommunikations- formen	Vorteil der Bildkommunikation gegenüber den genannten Alternativen		Wert des Festbildes ¹⁾ (gegenüber Alternativen)	Zusatzwert des Beweg- bildes gegenüber Festbild ¹⁾
		Gruppen- oder öffentl. Bedarf	private Bedürfnisse	Daten	Text	Sprache	Festbild Sichtausgabe	Festbild, Doku- mentenausgabe	Festbild mit Sprache	Bewegtbild mit Ton (TV)		bei Festbild- übermittlung	bei Bewegtbild- übermittlung (zusätzlich)		
Individueller Bildkanal von Teil- nehmer zu Zentrale	Ferndiagnose (von Patienten oder Patienten- unterlagen, wie EKG)	×					×		×	×	Briefpost, Besuch bei Fachärzten	Zeitersparnis, höhere Dia- gnosesicherheit	Darstellung von Bewegungs- abläufen	3	3
	Heimarbeit- und Hausaufgaben- betreuung		×		×	×	×		×	×	persönliche Zu- sammenkunft, Fernsprecher, Briefpost	Zeitersparnis, kein Reiserisiko, erhöhte Effektivität	Darstellung von Bewegungs- abläufen	3	3
Bildverkehr zwischen Teil- nehmern	Unterlagenüber- mittlung (erläu- ternde Bilder, Skizzen und Dokumente; Por- trait und Gruppenbilder)	×	×		×		×				Briefpost, Fernschreiber	Schnelligkeit, erhöhte Über- trag.-Sicherheit gegenüber Fernschreiben, Personal- einsparung	-	1	-
	Gesprächsunter- stützung (erläu- ternde Bilder, Skizzen und Dokumente; Por- trait und Gruppenbilder)	×	×				×	×	×	×	persönliche Zusammenkunft, Vorabüber- mittlung von Unterlagen	erhöhte Effektivität des Gesprächs, Bequemlichkeit, Zeitersparnis kein Reiserisiko, keine Reise- kosten	besserer per- sönlicher Kon- takt, bewegte Personen- darstellung	1	3

1) 1 = groß, 2 = mittel, 3 = gering

noch Tabelle 2.3 Anwendungen der Bildkommunikation, Analyse und Bewertung

Textwiedergabe nicht uneingeschränkt als ausreichend betrachtet wird. Im Fall der Fernsehbildübertragung (5 MHz-Norm) bedeutet dies, daß sich nur Formate bis zur Größe DIN A 6 (Postkarte) mit ausreichender Qualität übertragen lassen. Die Bilder 2.4 und 2.5 veranschaulichen diese Verhältnisse. Bild 2.4 zeigt die zeilenweise Abtastung des Buchstabens „A“. Nur die Teile des Buchstabens, die bei der Abtastung erfaßt werden, können auf der Empfangsseite reproduziert werden. Man erkennt, daß bei der Faksimileübertragung das

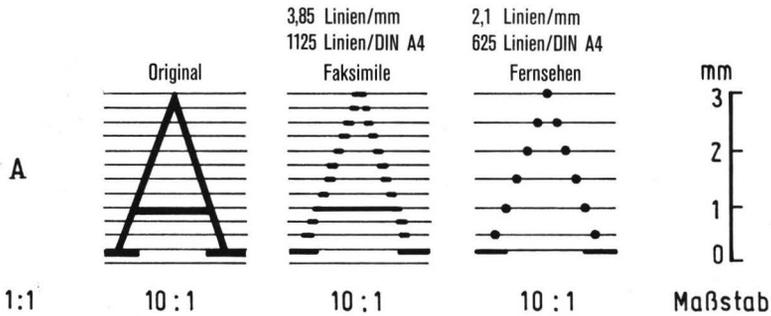


Bild 2.4 Zeichenauflösung bei Faksimile und Fernsehen

Zeichen noch richtig wiedergegeben wird, bei der geringer auflösenden Fernsehübertragung jedoch das Ursprungszeichen nicht mehr erkennbar ist. Bild 2.5 stellt einen systematischen Zusammenhang zwischen der Zeilenzahl und der jeweils äquivalenten Übertragungs-

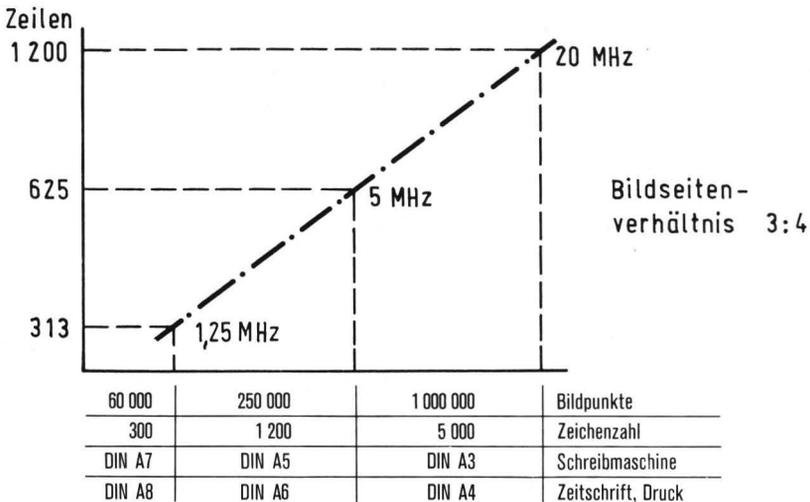


Bild 2.5 Bildnorm und Auflösung

leistung her. Als Parameter sind einige Übertragungsbandbreiten angegeben, die bestimmten Zeilenzahlen entsprechen. Man ersieht daraus zum Beispiel, daß die heute übliche Faksimilequalität bei Bewegtbildkommunikation nur mit einer Übertragungsbandbreite von beinahe 20 MHz zu erreichen ist.

Nach dem derzeitigen Stand der Beratungen im CCITT ist zu erwarten, daß eine Bandbreite von etwa 1 MHz für einen Bildfernsprechdienst international empfohlen werden wird, mit der Maßgabe, daß folgende Zusatzforderungen erfüllt sein müssen:

- Kompatibilität mit dem herkömmlichen Fernseh-Standard (5 MHz-Bandbreite), wodurch die Mitverwendung bereits vorhandener 5 MHz-Geräte und entsprechender Zusatzeinrichtungen (z. B. Videorecorder) ermöglicht bzw. erleichtert wird;
- Kompatibilität mit Farbübertragung bzw. späterer Übergang auf Farbübertragung, falls diese später mit vernünftigen Kostenaufwand möglich sein sollte;
- Kompatibilität mit „slow-scan“-Verfahren für höhere Auflösung bei der Übertragung von Textmaterial.

Mit der immer wieder betonten Kompatibilität des 1 MHz-Bildfernsprechsignals mit dem 5 MHz-Fernsehsignal soll vor allem erreicht werden, daß überall dort, wo es technisch und wirtschaftlich sinnvoll erscheint, die 5 MHz-Übertragung verwendet wird (z. B. in ausgedehnten Nebenstellenanlagen und über kurze Entfernungen). Dagegen soll im Fernnetz (unter Verwendung von Zeilen- bzw. Bildkonvertern) aus Kostengründen möglichst von der 1 MHz-Übertragung Gebrauch gemacht werden.

Die Forderung nach Fernseh-Kompatibilität verhindert jedoch eine einheitliche Bildfernrechnorm, da insbesondere diejenigen Parameter, die an die Netzfrequenz gebunden sind (Bild- bzw. Halbbildfrequenz), entsprechend den in den einzelnen Ländern gebräuchlichen, verschiedenen Netzfrequenzen unterschiedlich sind. Man wird daher von zwei Bildfernrechnormen ausgehen müssen, die entweder auf 50 Hz oder auf 60 Hz Netzfrequenz abgestützt sind. Damit wird eine „transparente“ Übertragung (z. B. Breitbanddatenübertragung) zwischen Ländern, die unterschiedliche Bildfernrechnormparameter verwenden, erschwert. Die folgenden Betrachtungen gehen von einer Netzfrequenz von 50 Hz und damit von 50 Halbbildern je Sekunde aus. Im Hinblick auf die oben diskutierten Forderungen an einen Bildfernsprecher wird angenommen, daß langfristig der Bildfernrechnormkanal eine Bandbreite von 5 MHz aufweisen muß. Derartige Signale werden im folgenden als BiF-5 MHz bezeichnet, ihre Norm stimmt mit der üblichen Fernsehnorm überein.

Das übertragene Bild entspricht einem Schwarz/Weiß-Fernsehbild, wobei das Netz jedoch so konzipiert wird, daß es eine spätere Übertragung farbiger Bilder nicht ausschließt, d. h. das Netz und die Vermittlungseinrichtungen sind farbfernsehtauglich. Da international zur Zeit die 1 MHz-Norm im Vordergrund der Überlegungen steht, wird

im Bericht auch diese Möglichkeit mit untersucht, und es werden bei wesentlichen Unterschieden in den resultierenden Kosten entsprechende Ergebnisse mit aufgenommen. Zur Kennzeichnung dieser Norm wird im folgenden in derartigen Fällen von BiF-1 MHz gesprochen. In Tabelle 2.6 sind wesentliche Daten der beiden Bildfernseh-Normen zusammengestellt.

	BiF-1 MHz	BiF-5 MHz
Zahl der Bilder pro Sekunde:	25	25
Zeilensprung	2 : 1	2 : 1
Zahl der Halbbilder pro Sekunde:	50	50
Zeilenzahl	313	625
Seitenverhältnis	4 : 3	4 : 3
Zeilenfrequenz in kHz	7825	15 625

Tabelle 2.6 Wesentliche Daten der betrachteten Normen

Weiterhin wird angenommen, daß Bildfernsehen und Fernsehen sich nicht voneinander unabhängig entwickeln, insbesondere wird unterstellt, daß das Fernsprechnetz zur Sprachübertragung bei der Bewegtbildkommunikation mitbenutzt wird. Das Bewegtbild wird dem Fernsehen „zugeschaltet“. Dies hat den Vorteil, daß Bildfernsehteilnehmer fernsprechmäßig an das Fernsprechnetz angeschlossen werden und dadurch mit ihren Endeinrichtungen nicht nur andere Bildfernsehteilnehmer, sondern auch alle Fernsprechteilnehmer erreichen und von ihnen erreicht werden können.

Weiterhin sollen die Rufnummern eines Teilnehmers für Fernsehen und Bildfernsehen identisch sein. Der Teilnehmer entscheidet vor Wahlbeginn, ob er ein Bildgespräch führen möchte oder nicht. Entscheidet er sich für ein Bildgespräch und erreicht er einen Teilnehmer, der keinen Bildanschluß besitzt, kommt keine Verbindung zustande. Er erhält dann von der Ziel-Vermittlungsstelle lediglich einen optischen oder akustischen Hinweis.

Außerdem wird angenommen, daß es nicht möglich ist, den Bildkanal später zuzuschalten, wenn zwischen zwei Bildfernsehteilnehmern zunächst nur eine Fernsprechverbindung aufgebaut wurde. Ebenso soll das Zu- und Abschalten des Bildkanals während der Bildfernsehverbindung ausgeschlossen sein. Zwar wäre es technisch realisierbar, den Bildkanal teilnehmergesteuert während des Gespräches anzufordern oder auf ihn zu verzichten. Der hierfür erforderliche Mehraufwand in der Vermittlungstechnik kann aber durch die erreichbare Einsparung an Übertragungskapazität nicht kompensiert werden, so daß sich insgesamt keine Kostensenkung für das Bildfernsehnetz ergibt.

Bei einer Bildfernsprech-Konferenz wird unterstellt, daß die Konferenzteilnehmer vor Beginn der Bildkonferenz festgelegt und der Teilnehmerkreis während der Konferenz nicht verändert wird. Die Konferenz wird von einem Konferenzleiter gesteuert, der auch darüber entscheidet, welches Bild zu den Konferenzteilnehmern übertragen wird. Dieser Betriebsweise wird gegenüber einer automatisch gesteuerten Bildzuteilung (z. B. durch Sprachsteuerung) der Vorzug gegeben, weil nur auf diese Weise ein geordneter Konferenzverlauf möglich erscheint. Die Konferenzteilnehmer erhalten das vom Konferenzleiter zugeteilte Bild, nicht die Bilder aller Konferenzteilnehmer gleichzeitig.

Konferenzen sind sowohl zwischen einer Anzahl von Einzelteilnehmern (vom Arbeitsplatz aus) wie auch zwischen Besprechungsgruppen (von internen Videokonferenz-Studios aus) möglich. Die Videokonferenz-Studios werden wie Einzelbildfernsprechanschlüsse an das Netz angeschaltet.

Beim Bewegtbildabruf soll es möglich sein, Bewegtbildinformation sowohl gezielt als auch im Anschluß an einen Suchprozeß abzurufen. Beim gezielten Abruf verfügt der Teilnehmer über ein Verzeichnis, z. B. von Standard-Informationsdiensten, während er im anderen Fall zunächst im Dialog mit der Informationsbank nach den ihn interessierenden Informationen sucht und sie sich ggf. im Anschluß an den Suchprozeß ausgeben läßt. Der Such- und Auswahlprozeß kann während einer Verbindung mehrmals wiederholt werden.

2.3 Bedarfsannahmen für Bewegtbildkommunikation

Die Gesamtkosten der Bewegtbildkommunikation sind nur zum Teil direkt abhängig von den Endgerätekosten. Ganz wesentlich werden sie daneben von den Kosten des Telekommunikationsnetzes bestimmt, die wiederum vom Ausbaugrad, der Verkehrsbelastung und der Verkehrsstruktur abhängen.

Die Abschätzung dieser drei Größen ist heute nur sehr schwer möglich, weil sich die direkte, teilnehmerindividuelle Bewegtbildübermittlung mit keinem heute bekannten Telekommunikationsangebot vergleichen läßt, auch wenn mit dem Fernsehen die Bewegtbildübertragung heute bereits ein Bestandteil des täglichen Lebens ist. Vermutlich wird es einer nicht zu kurzen „Einübungsphase“ bedürfen, ehe es gelingt, die Kommunikationsmöglichkeiten der Bewegtbildübermittlung zu erkennen, zu begreifen und als erstrebenswert zu betrachten.

Die bisherigen Erfahrungen in den USA, aber auch in der Bundesrepublik, die mit BiF-1 MHz-Versuchsnetzen gewonnen werden konnten, sind ernüchternd gewesen. Die amerikanische Fernmeldegesellschaft AT & T hat nach mehrjähriger Dauer den Bildfernsprech-Versuchsbetrieb wieder eingestellt, da die Teilnehmer auch nach einer kostenfreien Anlaufphase nicht bereit waren, die „normalen“ Gebühren zu bezahlen. Eine erste Befragung der Teilnehmer des

Bildfernsprech-Versuchsnetzes, das die Deutsche Bundespost gemeinsam mit der Firma Siemens AG in der Bundesrepublik zwischen Bonn, Darmstadt und München betreibt, spricht ebenfalls gegen eine allgemeine Einführung eines Bildfernsprechdienstes zum gegenwärtigen Zeitpunkt und in der gegenwärtigen Ausführungsform.

Bei der Betrachtung dieser Versuchsergebnisse ist aber folgendes zu berücksichtigen:

- die 1 MHz-Norm erlaubt eine Dokumentenübertragung nur in sehr beschränkter Form,
- der bisher beteiligte Teilnehmerkreis wurde nicht optimal nach repräsentativem Verkehrsinteresse ausgewählt und war zu klein, um nutzbringende Anwendungen erkennen zu lassen,
- wesentliche zusätzliche Anwendungsmöglichkeiten, wie z. B. Bildfernsprech-Konferenz und Bewegtbildabruf wurden in Versuchsnetzen bisher nicht realisiert und können daher zur Beurteilung nicht herangezogen werden,
- zusätzliche Einrichtungen, wie z. B. zur höchstauflösenden Bildspeicherung und langsamen Übertragung von Dokumenten, standen bisher nicht zur Verfügung.

Das Bildfernsprechen wird sich aus diesen Gründen vermutlich zunächst im Bereich der Nebenstellenanlagen in der 5 MHz-Norm verbreiten, nicht nur, weil hier in sich geschlossene Kommunikationskonzeptionen einfacher darstellbar sind, sondern weil auch wegen der geringeren räumlichen Entfernungen kaum übertragungstechnische Probleme (und damit Kosten) auftreten werden. In weiteren Schritten könnte sich dann das Bildfernsprechen über die Nebenstellenanlagen hinaus weiterentwickeln, zunächst zwischen Nebenstellenanlagen, später auch allgemein. Die Zeitabschnitte, in denen sich diese Entwicklung vollziehen wird, lassen sich heute nicht angeben. Um Modellrechnungen durchführen zu können, war der Arbeitskreis „Technik und Kosten“ jedoch gezwungen, von konkreten Werten über die Zahl der Teilnehmer und ihr Verkehrsverhalten auszugehen. Diese Werte können nur Annahmen sein. Sie wurden in Relation zum Fernsprechnetzt getroffen und kennzeichnen drei Möglichkeiten, wobei jeweils unterstellt wurde, daß die Anlaufphase des Bildfernsprechdienstes bereits überwunden ist.

Geht man davon aus, daß in fernerer Zukunft alle Fernsprechteilnehmer über Bildfernsprecher verfügen werden, so sind verschiedene Phasen der Verbreitung des Bildfernsprechens innerhalb des Kreises der Fernsprechteilnehmer vorstellbar. Verläuft diese Entwicklung gleichmäßig, dann könnten beispielsweise im Jahr 1990 etwa 10% aller Fernsprechteilnehmer an das Bildfernsprechnetzt angeschlossen sein. Beschränkt sich die Verbreitung aber zunächst auf den rein geschäftlichen Bereich, so sind lediglich Bildfernsprechanschlüsse in der Größenordnung von 0,1% der Zahl der Fernsprechteilnehmer zu erwarten. Als dritte Alternative ist an solche Anschlüsse zu denken, die sowohl privat als auch geschäftlich genutzt werden. Hierbei

könnten Bildfernanschlüsse in der Größenordnung von etwa 1% der Fernsprechteilnehmer erwartet werden. Bild 2.7 stellt diese Annahmen graphisch dar, wobei davon ausgegangen wird, daß 15 Mio. Fernsprechteilnehmer vorhanden sein werden, so daß sich, je nach Annahme, 15 000 Geschäfts-, 150 000 Privat/Geschäfts- bzw. 1,5 Mio. vorwiegend Privat-Anschlüsse ergeben. Die weiteren Annahmen zur Verkehrsstruktur sind im Abschnitt 5.1 ausführlich dargestellt.

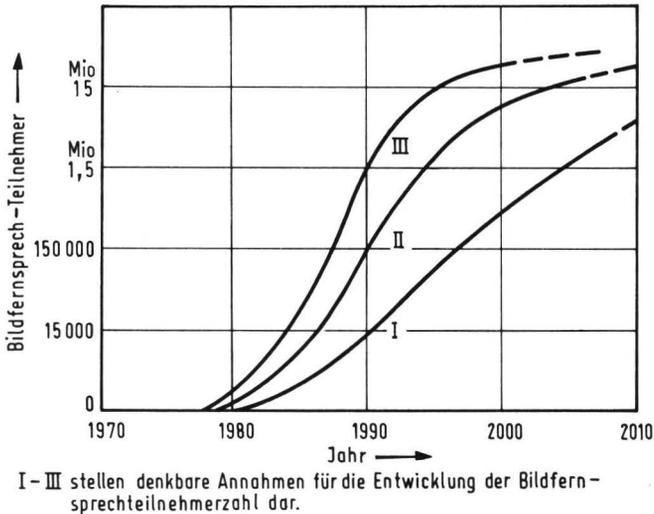


Bild 2.7 Teilnehmerentwicklung im Bildfernrechnetz (Annahmen)

Ob und in welchem Maße die zugrundegelegten Bedarfsannahmen realistisch sind, läßt sich — darauf sei noch einmal verwiesen — heute nicht voraussehen. Es sind sowohl optimistischere wie auch pessimistischere Schätzungen bekannt. Die hier genannten Werte verfolgen jedoch nicht primär das Ziel der Nachfragevoraussage, sondern dienen vornehmlich als Grundlage zu einer ersten Kostenabschätzung von teilnehmerindividueller, vermittelter Breitbandkommunikation.

3 Einrichtungen für die Telekommunikationsformen

3.1 Teilnehmer-Endgeräte

Im folgenden Kapitel werden Endgeräte beschrieben, die für die Nutzung der Bewegtbildkommunikation auf der Teilnehmerseite erforderlich sind. Dazu gehören sowohl die Geräte, mit denen der Teilnehmer umgeht, als auch Zusatzgeräte, die entweder dem Teilnehmer zugeordnet sind oder zentral in einer Nebenstellenanlage arbeiten.

3.1.1 Bildgeräte

Bildgeräte dienen der Übermittlung optischer und akustischer Informationen. Es können stehende und bewegte Bilder in Schwarz/Weiß oder Farbe sowie graphische Darstellungen einschließlich Buchstaben und Ziffern mit begleitender Sprache oder Musik wiedergegeben werden.

Die heute vorliegenden Konzepte für Bildgeräte sind das Ergebnis eingehender Untersuchungen auf dem Gebiet der verfügbaren Techniken, der Humanfaktoren, des Teilnehmerverhaltens bei Betriebsversuchen und der Normungsarbeit internationaler Gremien. Wesentlicher Gesichtspunkt bei der Gestaltung der Geräte ist die Anpassung an die Bedürfnisse und Fähigkeiten der Benutzer.

Im Interesse einer geringen Typenvielfalt wird die Entwicklung von Universalgeräten angestrebt, deren Ausführungsform und Ausstattung auf die überwiegende Anzahl der Anwendungsfälle abgestimmt sind.

3.1.1.1 Gesichtspunkte zur Normung und Gestaltung

Die enge Kopplung zwischen Kamera, Bildschirm und Lautsprecher, die zu einer natürlichen Gesprächsführung nötig ist, und die Forderung nach der Verwendungsmöglichkeit auf einem Arbeitstisch führen zu dem Konzept des *Tischgerätes*. Damit ergeben sich obere Grenzen für die Bildschirmgröße, wenn bedienungsgerechte Abmessungen und Drehbarkeit gewährleistet sein sollen.

Als Bildformat wird zweckmäßigerweise ein solches Breitformat gewählt, das sowohl für Personenaufnahmen (ausreichender Bewegungsspielraum, Gruppenaufnahmen), als auch für Dokumenten- und Datendarstellung auf dem Bildschirm Vorteile bringt (Abbildung von DIN A 5-Vorlagen, genügend Zeichen pro Zeile, Satzzusammenhang).

Der Betrachtungsabstand des Tischgerätes liegt bei etwa 90 cm; dabei ergibt sich die in Bild 3.1 gezeigte Aufnahmegeometrie.

Die Kamera muß für die Aufnahme von Dokumenten, Einzelpersonen, Personengruppen und Außenaufnahmen eingerichtet sein. Dazu gehören die notwendige Dreh- und Schwenkbarkeit (z. B. mit Um-

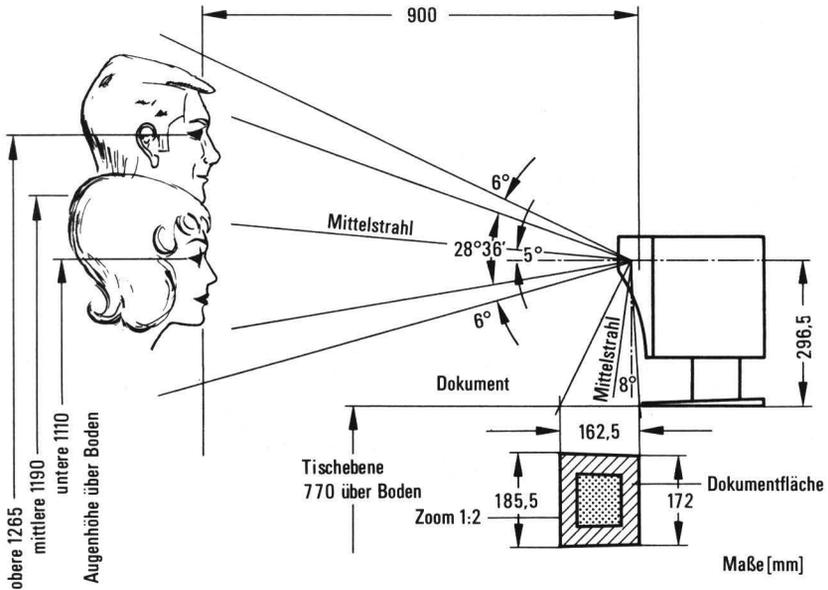


Bild 3.1 Aufnahmegeometrie

lenkspiegel) zur Wahl des Bildausschnittes, eine Zoom-Einrichtung und die automatische Helligkeitssteuerung mit Schutz gegen starken Lichteinfall.

Auf der Empfängerseite muß für eine ausreichende Anpassung an die Umgebungshelligkeit gesorgt werden.

Die akustische Information wird über Mikrophon und Lautsprecher übermittelt. Dadurch hat der Teilnehmer die Hände frei für Notizen und optische Ergänzungen; außerdem wird der Eindruck eines natürlichen Gesprächs verstärkt.

Von ausschlaggebender Bedeutung bei der Entwicklung von Teilnehmer-Endgeräten ist die Gestaltung der Schnittstelle Mensch/Endgerät. Dazu gehören Fragen der Bildnorm (Zeilenstruktur, Kontrast, Auflösung, Flimmern), des Gesprächsablaufs (Blickkontakt), des Bedienungskomforts sowie des optischen und akustischen Störabstandes.

Die Bildnormen für 1 MHz und 5 MHz (siehe Tabelle 2.6) sind das Ergebnis der Untersuchungen auf diesem Gebiet. Die Bildparameter wurden außerdem so gewählt, daß eine leichte Konvertierbarkeit mit den Fernsehnormen der jeweiligen Länder möglich ist.

3.1.1.2 Bildfernsprecher

Der Bildfernsprecher soll ein weitgehend natürliches Gespräch zwischen den Teilnehmern ermöglichen und zusätzlich die Übermittlung von Dokumenten und anderen optischen Informationen gestatten.

Für das Bildfernsehen erweist es sich als zweckmäßig, dem Tischgerät einen getrennten Fernsprechteil in Form eines Bedienungsfernsprechers hinzuzufügen, der dann auch die Bedienelemente für das Tischgerät enthält.

Die Bilder 3.2 bis 3.6 zeigen eine mögliche Ausführungsform des Tischgerätes (mit Kamera, Bildschirm, Mikrophon und Lautsprecher), das zugehörige Blockschaltbild und den Bedienungsfernsprecher.

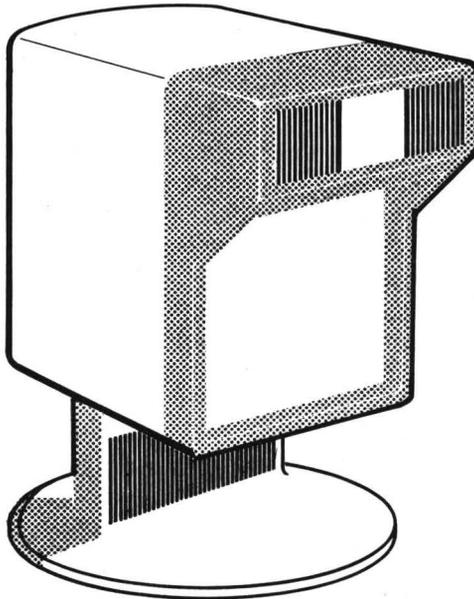


Bild 3.2 Bildfernsprecher, Tischgerät

Zur Anpassung an die verschiedenen Anwendungsfälle ist das Tischgerät drehbar gelagert. Die Kamera läßt sich auf verschiedene Sitzpositionen ausrichten (Neigungswinkel $\pm 6^\circ$) und wird mit Hilfe des Dokumentenspiegels, der Zoom-Einrichtung und der eingebauten Regelschaltungen auf die unterschiedlichen Aufnahmeobjekte eingestellt.

Ein gewisses Problem beim Bildfernsprecher ist der unvermeidliche Abstand zwischen dem Aufnahmepunkt der Kamera und dem Blickpunkt des Betrachters, der etwa in der Mitte des Bildschirms liegt. Ein direkter Blickkontakt zwischen den Teilnehmern ist dabei nicht möglich. Das Gespräch wird jedoch bei kleinen Bildschirmen (bis 21 cm Bilddiagonale) noch als natürlich empfunden, wenn die Kamera unmittelbar über dem Bildschirm angeordnet ist. Versuche mit halbdurchlässigen Spiegeln, die den Aufnahmepunkt in die Mitte des Bildes legen, haben zu sehr unhandlichen Geräten geführt.

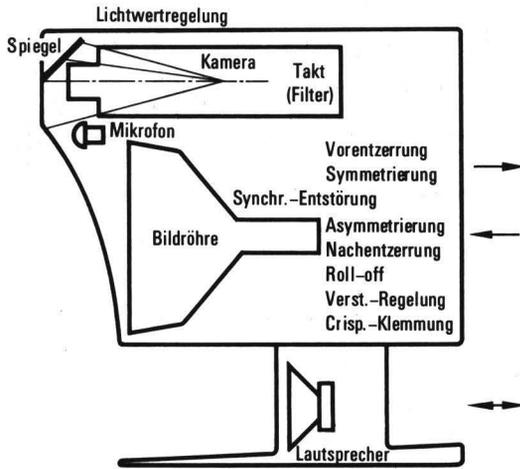


Bild 3.3 Schnittbild des Tischgerätes

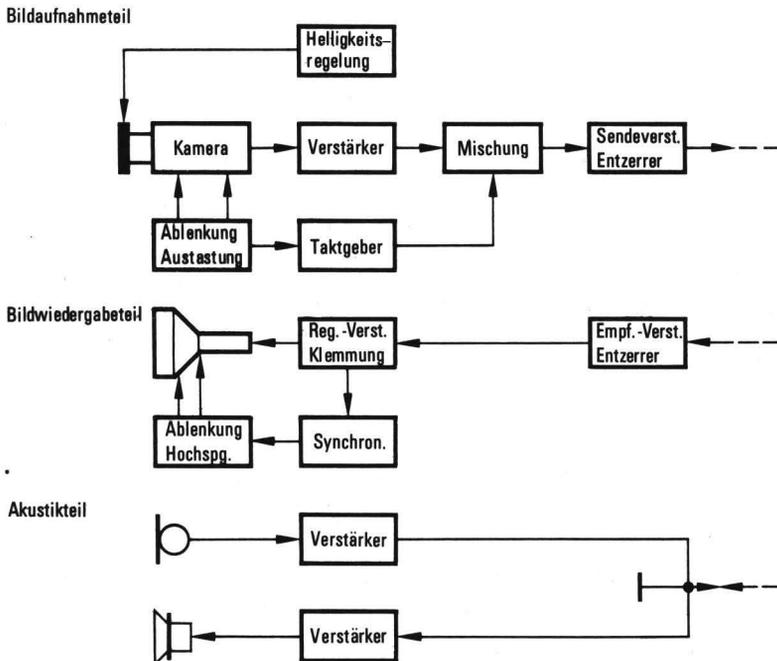


Bild 3.4 Blockschaftbild des Tischgerätes

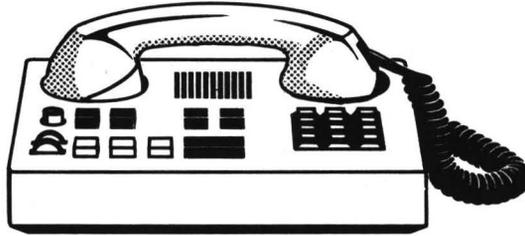


Bild 3.5 Bedienungsfernsprecher des Bildfernsprechers

Der Bedienungsfernsprecher (Bild 3.5) enthält außer der Sprechschaltung sowie der Ruf- und der Wähleinrichtung auch das Bedienfeld zum Fernsteuern von Bild und Ton. An Bedienelementen sind die Freisprechtaste und der Lautstärkereglere sowie zum Steuern des Bildgerätes acht Tasten und zwei Regler vorhanden. Damit sind folgende Funktionen ausführbar:

Kamera ausgeschaltet	Es wird kein Bild gesendet; Partner erhält ein Pausenzeichen
Eigenbild	Eigenes Bild auf dem Schirm und zum Partner gesendet
Personenaufnahme	Brennweite 80 cm
Grafikaufnahme	Brennweite 32 cm mit Spiegelumlenkung
Fernaufnahme	Brennweite 3 m, typische Schärfentiefe 1,5 m bis unendlich
Zoom	Drei Tasten zum Einstellen von drei Ausschnittsvergrößerungen auf der Sendeseite
Regler	für Kontrast und Helligkeit

Der Bildfernsprecher wird über 6 Adern an das Netz angeschlossen. Die Fernsehübertragung erfolgt symmetrisch auf je zwei Adern in Hin- und Rückrichtung, die Sprachübertragung zweiadrig wie im Fernsprechnet.

3.1.1.3 Bildempfänger

Der Bildempfänger enthält nur die optische und akustische Empfangseinrichtung, verbunden mit einer komfortablen Steuereinrichtung zur Dialogabwicklung.

Es können sowohl kommerzielle Monitoren (Bild 3.6), übliche Fernsehempfänger als auch spezielle Sichtgeräte eingesetzt werden.

Die Dialogsteuerung kann über Fernsprecher mit Mehrfrequenztastrwahl oder eine alphanumerische Tastatur, evtl. verbunden mit einem Berechtigungsausweisleser, erfolgen.

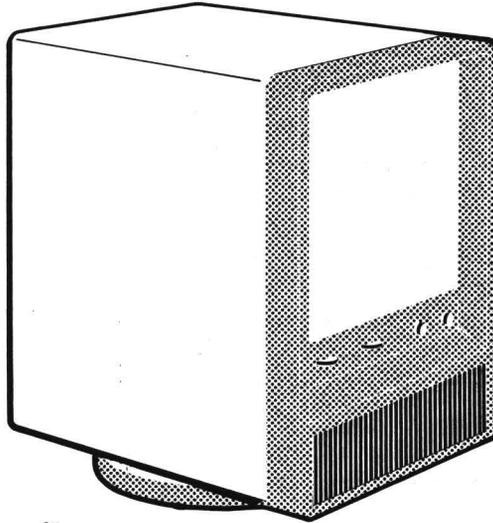


Bild 3.6 Bildempfänger

3.1.1.4 *Hardcopy-Zusätze*

Hardcopy-Zusätze geben dem Teilnehmer die Möglichkeit, Bilder auf Papier festzuhalten.

Im einfachsten Fall kann dies mit einer Polaroid-Kamera geschehen. Daneben ist mit entsprechenden Umsetzern der Anschluß von Druckern oder Kopierern denkbar. Teure und leistungsfähige Kopierer können zentral angeschlossen sein und vom Teilnehmer durch Nachwahl eingeschaltet werden.

Im weiteren Sinne zählen auch Videorecorder zu dieser Gruppe möglicher Aufzeichnungsgeräte.

3.1.2 **Bildkonverter und Normwandler**

3.1.2.1 *Allgemeines*

Der vorliegende Bericht behandelt im wesentlichen die Voraussetzungen für den Aufbau eines 5MHz-Breitbandnetzes.

Während der Einführungsphasen muß jedoch mit der Existenz von Teilnetzen mit einer Bandbreite von 1MHz gerechnet werden (vgl. Abschnitt 2.2).

Daher wird es notwendig sein, technische Einrichtungen für den Übergang zwischen 1MHz- und 5MHz-Netzen vorzusehen. Diese Aufgabe kann von Zeilenkonvertern (ZK) und Bildkonvertern (BK) übernommen werden. Bild 3.7 veranschaulicht den Einsatz derartiger Konverter.

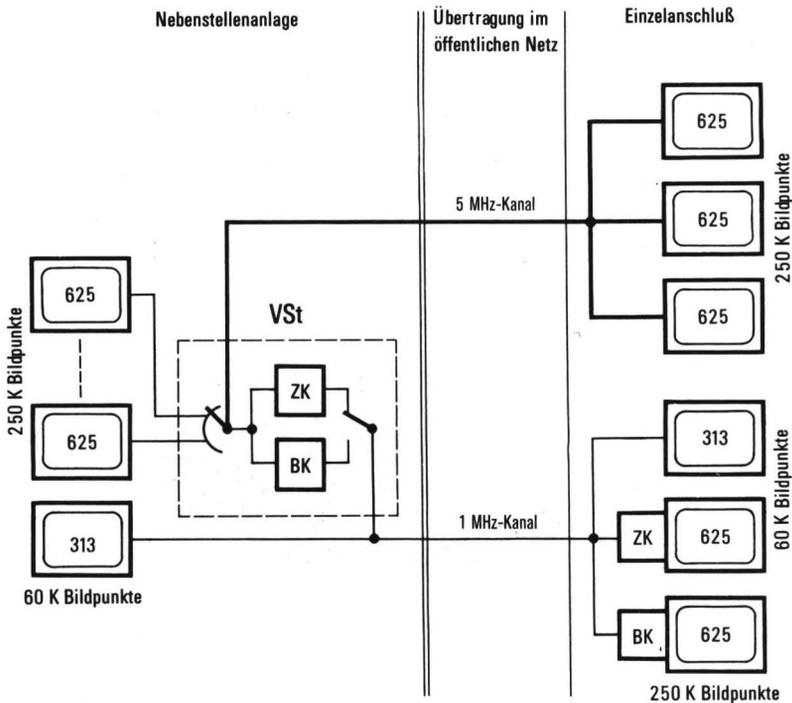


Bild 3.7 Normwandlung mit Zeilenkonverter (ZK) und Bildkonverter (BK)

3.1.2.2 Zeilenkonverter

Der Zeilenkonverter setzt ankommende Bilder der 5 MHz-Norm in die 1 MHz-Norm (313 Zeilen) mit entsprechend geringerer Auflösung und Bilder der 1 MHz-Norm aus der Gegenrichtung auf 625 Zeilen um, wobei die Auflösung der eines 2 MHz-Signals entspricht. Die Zahl der Bildpunkte pro Zeile bleibt gleich und die Auflösung sinkt bei der Normwandlung von 5 MHz auf 1 MHz auf den 1 MHz-Standard ab. Bei der Entwicklung des Zeilenconverters wird ein günstiger Kompromiß für die Bildauflösung angestrebt.

Der Zeilenkonverter kann kostengünstig mit vorhandener Technik (Analog-Schieberegister in Ladungsspeicher-Technik) hergestellt werden. Er benötigt Speicherplatz für 2 Zeilen, deren Inhalt in eine Zeile übergeführt wird (und umgekehrt). Die umgesetzten Signale sind am Synchronisierungsverfahren erkennbar und können von Transparentempfängern der passenden Norm verarbeitet werden. Daneben lassen sich digitale Zeilenkonverter bereits heute für hohe Qualitätsansprüche relativ einfach realisieren.

3.1.2.3 Bildkonverter

Bei bestimmten Anwendungen (Dokumentenübertragung) kann der Verlust an Auflösung, den der Zeilenkonverter mit sich bringt, nicht

akzeptiert werden. Für diese Fälle eignet sich der Bildkonverter, der die Übertragung der vollen Auflösung bei verringerter Bildwechselrate gestattet. Dem Bildkonverter liegt das Prinzip zugrunde, ein ganzes Bild zu speichern. Um zeitliche Überschneidungen bei der Umsetzung zu vermeiden, muß Speicherplatz für mindestens 2 Vollbilder vorhanden sein. Der Aufwand liegt daher deutlich höher als beim Zeilenkonverter. Auf der Empfangsseite wird der Bildspeicher durch die ankommenden Signale langsam gefüllt und mehrfach schnell ausgelesen, um Flimmern auf dem Empfangsbildschirm zu vermeiden.

Die Bildwechselrate kann in weitem Bereich zwischen normalem Bewegungsablauf und Standbildübertragung gewählt und dem jeweiligen Anwendungsfall angepaßt werden. Bei Bildwechselraten unter 12 Hz, wenn das Auge die Bewegungsphasen zwar nicht mehr verschmilzt, der Betrachter aber noch erkennt, daß es sich um Bewegungen handelt, spricht man von „semi-live-Übertragung“. Ruhende Vorlagen bilden sich dabei scharf ab, bei bewegten Objekten treten Bewegungsunschärfen auf. Noch langsamere Abtastung (Sekunden bis Minuten für ein Bild) wird als Festbildfolge (slow-scan-Verfahren) bezeichnet.

Das Prinzip des Bildkonverters kann benutzt werden, um Normwandlung zwischen 1 MHz und 5 MHz durchzuführen. Dazu müssen auf der Sende- und Empfangsseite Bildkonverter vorhanden sein (vergleiche Bild 3.7).

Die Wahl des Verfahrens (Zeilen- oder Bildkonvertierung) für den jeweiligen Anwendungsfall liegt zweckmäßigerweise beim Absender. Der Bildkonverter am Empfangsort wird nach Erkennen des Synchronverfahrens automatisch zugeschaltet.

Reicht auch die Auflösung der 5 MHz-Norm für Zwecke der Dokumentenübertragung noch nicht aus, können mit Hilfe des Bildkonverters auch wesentlich höhere Auflösungen bei langsamer Übertragung auf der Leitung erreicht werden.

3.1.3 Bildfernsprech-Konferenz

Die Bildfernsprech-Konferenz entsteht durch Zusammenschaltung mehrerer Bildfernsprechteilnehmer in der Vermittlungsstelle.

Bis zu vier Bilder können auf einem Bildschirm zusammengemischt werden, der Ton wird jeweils einem Sprecher zugeteilt. In der Vermittlungsstelle sind die erforderlichen Einrichtungen aufgebaut, auf die ein Konferenzleiter mit Hilfe eines Steuergerätes einwirken kann. Das Gerät kann zur Erleichterung der Abwicklung Leuchtanzeigen für Wortmeldungen und ggf. deren Reihenfolge enthalten.

3.1.4 Videokonferenzstudios

Videokonferenzstudios sind zentrale Mieträume, die über eine Standleitung mit einem Gegenstudio verbunden sind. Sie können hinsichtlich Ausstattung, Übertragungsqualität und Abwicklungshilfen weit aus besser als Bildfernsprech-Konferenzen eine herkömmliche Konferenz ersetzen.

Bild 3.8 zeigt die mögliche technische Ausstattung eines Videokonferenzstudios. Es sind eigene Kameras für Gruppenaufnahme, Einzelbild des Sprechers und für Grafiken vorhanden. Auf der Wiedergabe-seite sind sowohl individuelle Bildschirme für jeden Teilnehmer als auch Großbildwiedergabe auf Leinwand vorgesehen.

Neben einem Kameramann zur Bedienung der Kamera für Grafiken kann in jedem Studio ein Konferenzleiter zur Steuerung der Konferenz vorhanden sein. Durch den optischen Kontakt innerhalb des Studios ist ein weitgehend natürlicher Gesprächsablauf möglich.

Die Übertragungstechnik ist wegen der Direktverbindung zwischen den Studios an keine externen Normen gebunden und wird nur durch wirtschaftliche Gesichtspunkte begrenzt.

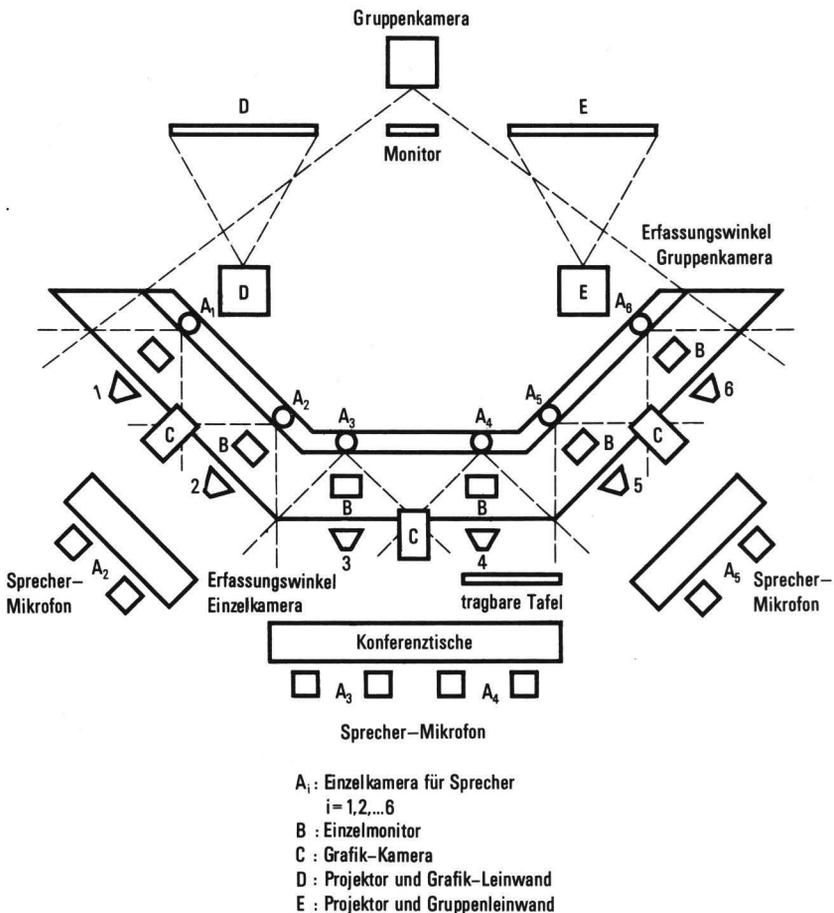


Bild 3.8 Videokonferenzstudio (Grundriß)

3.2 Zentrale Einrichtungen (Bildbanken)

3.2.1 Allgemeines

Bildbanken bieten dem Teilnehmer im Breitband-Kommunikationsnetz die Möglichkeit, im Mensch-Maschine-Dialog Informationen abzurufen. Derartige Dialogdienste können nur dann sinnvoll betrieben werden, wenn sie seitens der Teilnehmer leicht abgewickelt werden können.

Dies bedeutet:

- a) unkompliziert zu bedienendes Eingabeterminal,
- b) Bedienerführung seitens der Maschine.

Dies ist um so bedeutungsvoller, als ein ungeschulter Teilnehmerkreis vorausgesetzt werden muß.

Bei der Wahl des Eingabeterminals ist ein Kompromiß bei folgenden, einander widersprechenden Forderungen zu finden:

- a) Eine einfache Tastatur (evtl. nur Ziffern) setzt eine komplizierte Bedienerführung seitens der Maschine voraus, gestaltet den Dialog schwerfällig und erfordert intensives Mitdenken des Teilnehmers, benötigt jedoch keine besonderen Fertigkeiten in der Bedienung der Tastatur.
- b) Eine komplizierte Tastatur (Schreibmaschinen-Tastatur mit Sonderzeichen) ermöglicht dem Benutzer eine leichtere Informations-eingabe in die Maschine und erlaubt auch bei flüssigem Dialog einen geringeren Aufwand für die Bedienerführung. Allerdings muß der Benutzer in der Lage sein, eine solche Tastatur zu bedienen.

Die Intensität des Mensch-Maschine-Dialogs hängt stark von der Art der Telekommunikation ab. Zur Verdeutlichung sind die folgenden Beispiele von Telekommunikationsformen nach steigender Dialog-intensität gestaffelt:

1. Objektbeobachtung
Der Teilnehmer ist nach Wahl einer Kennziffer über seine Breitbandleitung mit einer Kamera verbunden und kann die von der Kamera aufgenommene Szene verfolgen.
2. Endlos-Filme
Beim Teilnehmer erscheint nach Wahl einer Kennziffer eine sich beliebig oft wiederholende Film-Szene oder eine Folge von Bildern auf dem Bildschirm seines Terminals. Eingriffe in den Film- oder Bildablauf sind dem Teilnehmer nicht möglich.
3. Bilderserien
Der Teilnehmer hat die Möglichkeit, die Bilder einer Bilderserie beliebig lange zu betrachten; er kann durch ein vom Terminal ausgegebenes Signal selbst von Bild zu Bild weiterschalten. Die Bilderfolge jedoch ist zwangsläufig.
4. Dialog
Der Teilnehmer hat die Möglichkeit, aus einer vorgegebenen Serie von Bildern durch gezielte Auswahl auf einzelne Bilder im Dialog zuzugreifen.

Die Realisierung derartiger Telekommunikationsformen setzt die im folgenden Abschnitt behandelten Einrichtungen voraus.

3.2.2 **Verwendete Einrichtungen**

Die Bilddienst-Einrichtungen gliedern sich in periphere Einrichtungen und Einrichtungen zur Dialogsteuerung.

3.2.2.1 *Periphere Einrichtungen*

Zu dieser Gruppe gehören Bildspeicher, Bildzwischenpeicher sowie die für die Bilddurchschaltung im Rahmen dieser Einrichtungen erforderlichen Koppelnetzwerke.

— Bildspeicher

Für die in Abschnitt 3.2.1 unter 2., 3. und 4. erwähnten Dienste sind die entsprechenden Bilder in Bildspeichern abgelegt

- a) als Filmszenen in Band- oder Plattenspeichern,
- b) als alphanumerische Bildinformationen in Digitalspeichern,
- c) als Einzelbilder (Standbilder) in Mikrofilm-, Mikrofiche- oder Hologrammspeichern.

Zum Teilnehmer werden diese Bildinformationen als Fernsehsignale übertragen. Im Fall a) liegt die Bildinformation bereits als Fernsehsignal vor. Im Fall b) erfolgt die Umwandlung in ein Fernsehsignal mittels eines geeigneten Digital-Analog-Umsetzers, bei c) mittels einer Fernsehkamera.

Das Problem des Zugriffs zu Bildspeichern ist damit zurückgeführt auf den mechanischen Zugriff zu Stellen auf einem Magnetband, den mechanischen Zugriff zu Mikrofiche-, Mikrofilm- und Hologrammträgern sowie den Zugriff zu digital gespeicherten Daten. Die folgende Tabelle 3.9 gibt einen Überblick über Bildkapazität und Zugriffszeit von Bildspeichern.

Speicherart	Zugriffszeit	Bildkapazität
Digitalspeicher für alphanumerische Bildinhalte	in der Größenordnung von Minuten bei Band-, und von Millisekunden bei Plattenspeichern	abhängig von der Größe der verwendeten Speicher
Mikrofilm ¹⁾	ca. 10 s	ca. 5 000 Bilder
Mikrofiche ²⁾	ca. 3 s	ca. 50 000 Bilder
Hologramm	ca. 0,01 s	ca. 50 000 Bilder ³⁾

¹⁾ Innerhalb eines Films in einem Mikrofilmspeicher

²⁾ Innerhalb eines Mikrofichespeichers ca. 750 Mikrofiches mit je 60 Bildern

³⁾ Innerhalb eines Hologrammträgers

Tabelle 3.9 Arten von Bildspeichern

Die zu verwendende Speicherart ist dabei abhängig von den anwendungsbedingten Anforderungen:

Bildinformationen, die sich häufig ändern (z. B. auch bedienerführende Hinweise), werden in Digitalspeichern abgelegt. Bildinformationen, die über eine Text- und Zifferndarstellung hinausgehen, längere Lebensdauer besitzen und damit von geringerer Aktualität sind, werden günstiger als Filmbilder gespeichert.

— Bildzwischenspeicher

Der Bildspeicher als zentrale Bildquelle kann anstehende Bildanforderungen nur nacheinander abarbeiten. Um längere Wartezeiten während eines Dialogs für den Benutzer zu vermeiden, muß die Belegungsdauer des zentralen Bildspeichers pro Bildanforderung so kurz wie möglich gehalten werden und das herausgesuchte Bild im Falle der Speicherart b) und c) in einen Bildzwischenspeicher überschrieben werden.

Aus dem Bildzwischenspeicher heraus steht das Bild dem Benutzer für die gewünschte Betrachtungszeit zur Verfügung.

Die Tabelle 3.10 gibt eine Übersicht über die gegenwärtig verfügbaren Bildzwischenspeicher, andere Speicherprinzipien sind in Entwicklung.

Prinzip der Zwischenspeicherung	Mögliche Auslesedauer
Magnetplattenspeicher	beliebig
Ladungsspeicher	ca. 10 min
Digitalspeicher ¹⁾	beliebig

¹⁾ wirtschaftlich einsetzbar nur für alphanumerische Bildinhalte

Tabelle 3.10 Arten der Bildzwischenspeicherung

— Koppelnetzwerk

Das Koppelnetzwerk gestattet nach Bild 3.11 im Verlauf des Dialogs mit einer Bildbank, Signale verschiedener Bildquellen zum Benutzer durchzuschalten.

3.2.2.2 Einrichtungen zur Dialog-Steuerung

Im Gegensatz zu den erforderlichen umfangreichen Rechner-Programmen des in Bild 3.11 dargestellten Rechners für die Bildinformationsbank (Programme für Dialogführung, Suchsysteme, Auskunftssysteme und für alphanumerische Ausgabe) dient die Dialogsteuerung nur der Koordinierung der peripheren Einrichtungen. Die wichtigsten Aufgaben der Dialogsteuerung sind:

- Übernahme eines Bildes aus dem Bildspeicher in die Zwischenspeicher
- Ansteuern des Koppelnetzwerkes
- Erzeugung von betrieblich bedingten Hinweisbildern
- Überwachung des betrieblichen Ablaufs des Informationssystems

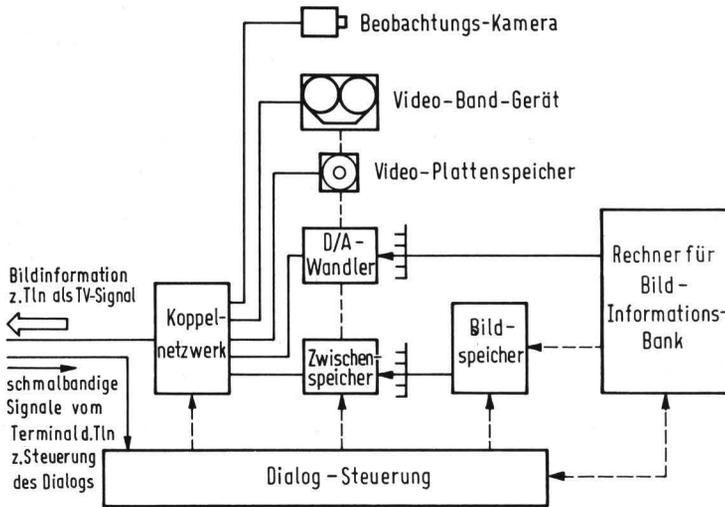


Bild 3.11 Beispiel für eine Bild-Informationsbank

3.2.3 Anordnung der Geräte

3.2.3.1 Schnittstelle zur Vermittlungstechnik

Der Anschluß der für den Mensch-Maschine-Dialog notwendigen zentralen Einrichtungen erfolgt grundsätzlich wie der Anschluß eines normalen Breitband-Teilnehmers (Bild 3.11) an die Vermittlungseinrichtung. Die Sprechadern des Anschlusses dienen zur Steuerung des Dialogs; auf der Monitor-Leitung wird das aus der Bild-Informationsbank kommende Bild zum Benutzer übertragen.

3.2.3.2 Standort der Einrichtungen

Aus Gründen der ständig erforderlichen Aktualisierung von Informationsdiensten sind Informationsbanken nur an wenigen Stellen des Breitbandkommunikationsnetzes denkbar, z. B. nur an den Orten der Zentralvermittlungsstellen. Es wären also 9 derartige Einrichtungen im gesamten Netz erforderlich.

Es ist vorstellbar, neben der Dauer der Benutzung der Dienste teilweise auch den Marktwert einer Information in Rechnung zu stellen. Außerdem ist es technisch möglich, daß auch Informationsdienste, die nicht von öffentlichen Institutionen bereitgestellt werden, im Breitbandnetz erreicht werden können. Einrichtungen für solche Dienste (s. auch Bild 3.11) befinden sich dann am Ort dieses Bildfernsprechteilnehmers.

4 Breitbandübertragung

Zunächst sollen die bei Bewegtbildkommunikation anfallenden, analogen Breitbandsignale näher beschrieben sowie Möglichkeiten der Digitalisierung und einer damit zusammenhängenden geeigneten Quellen- und Kanalcodierung aufgezeigt werden. Die bei analogen bzw. digitalen Quellensignalen in Frage kommenden Übertragungsverfahren und die hieraus abgeleiteten Frequenz- und Zeitmultiplexsysteme bilden die Grundlage für die Mehrfachausnutzung bereits installierter bzw. in Entwicklung befindlicher Übertragungsmedien. Hierbei interessiert vor allem die für die Bewegtbildkommunikation zur Verfügung stehende Kanalkapazität.

4.1 Zu übermittelnde Signale

4.1.1 Analoge Signale

Die unmittelbare Umwandlung von Sprache, Musik und Bildern in elektrische Signale ergibt eine analoge Zeitfunktion, deren Informationsgehalt durch die Amplitude einer zeitabhängigen Spannung oder eines zeitabhängigen Stroms beschrieben wird.

Bei der Aufnahme eines Bildes durch eine elektronische Kamera erfolgt eine zeilenweise Abtastung des Bildinhalts. Die einzelnen Bildzeilen, getrennt durch den jeweiligen Zeilensynchronimpuls (Bild 4.1), werden zeitlich aneinandergereiht übertragen.

Für die Darstellung bewegter Vorgänge auf einem Bildschirm ist es ausreichend, wenn pro Sekunde 25 Vollbilder wiedergegeben werden. Zur Vermeidung des sogenannten Bildflickerns, das u. a. vom Verhältnis von Aufleucht- zu Dunkelzeit eines Bildpunktes, vom Leuchtdichtewert des Fernsehbildes, vom Abstand des Betrachters vom Bildschirm usw. abhängt, sind jedoch wenigstens 50 Lichteindrücke je Bildelement und Sekunde erforderlich. Der Flickereindruck läßt sich also stark reduzieren, wenn dicht benachbarte Bildelemente im zeitlichen Abstand von nur $\frac{1}{50}$ Sekunde aufleuchten. Aus diesem Grund wird bei allen Fernseh-Rundfunknormen das sogenannte Zeilensprungverfahren angewandt, d. h. ein Vollbild wird, wie in Bild 4.1 dargestellt, in zwei Teilbilder zerlegt. Bei einem 625-Zeilen-Fernsehbild geschieht dies in der Weise, daß zunächst die Zeilen 1 bis 312 bis zum Ende und Zeile 313 bis zur Hälfte geschrieben werden. Dann erfolgt ein Vertikalsprung bis zum oberen Bildrand, die Zeile 313 wird zu Ende geschrieben und die Zeilen 314 bis 625 des zweiten Teilbildes werden zwischen den Zeilen des ersten Teilbildes sichtbar gemacht.

Die im Abschnitt 2.2 eingefügte Tabelle 2.6 zeigt die in der Bundesrepublik Deutschland gebräuchliche Fernseh-CCIR-Norm sowie eine in der Diskussion befindliche Norm für das BiF-1 MHz.

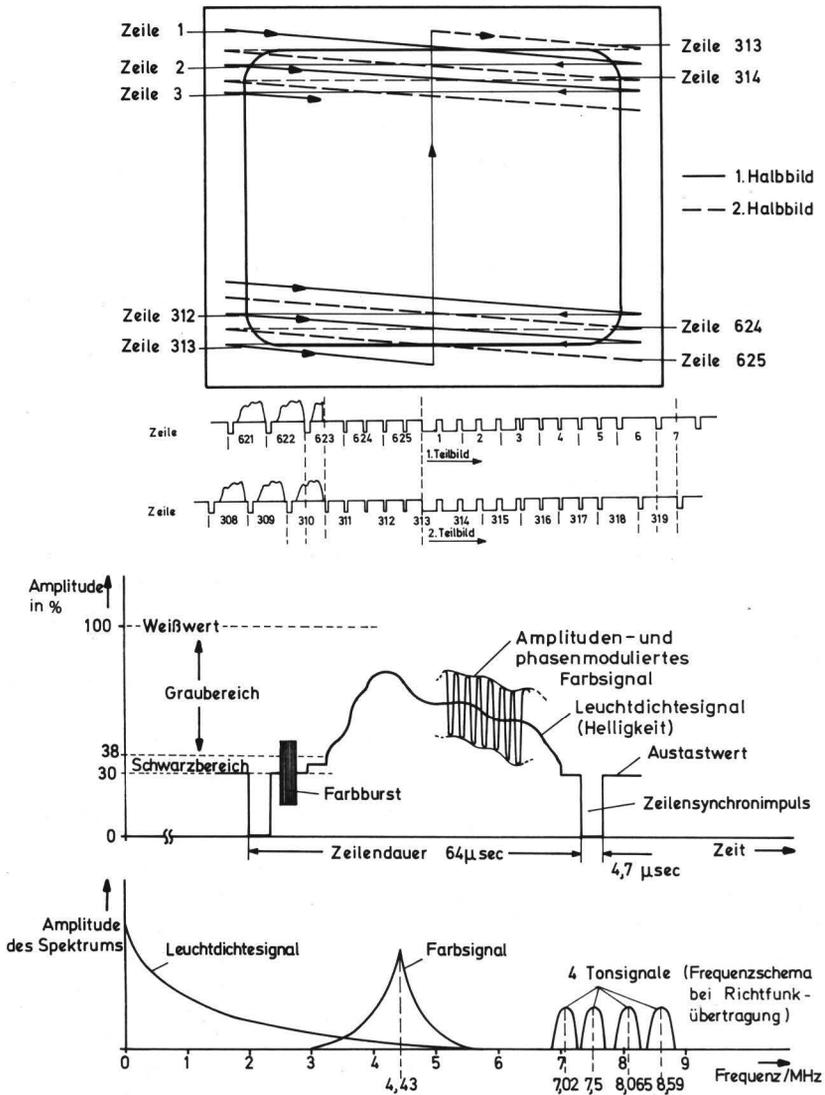


Bild 4.1 Analogen Bildsignal

Die wesentlichen Kenngrößen des in Bild 4.1 dargestellten analogen FBAS-Signals sind:

- F \triangleq Farbinformation (Farbburst + amplituden- und phasenmoduliertes Farbsignal)
- B \triangleq Bildsignal (analoges Leuchtdichtesignal)
- A \triangleq Austastwert (festgelegt durch Amplitude und Zeitdauer)
- S \triangleq Synchronsignale (zur Herstellung des Gleichlaufs zwischen sendeseitiger Abtastung und empfangsseitigem Schreiben des Bildes)

Die Übertragung der Farbinformation geschieht durch einen amplituden- und phasenmodulierten Farbhilfsträger. Die Amplitude liefert ein Maß für die Farbintensität, die Phase für die Farbart. Mittels des Farbbursts, der ungefähr 10 Schwingungen umfaßt und auf der hinteren Austastschulter übertragen wird, kann die für die synchrone Demodulation des Farbsignals nötige Referenzträgerphase gewonnen werden.

In Bild 4.1 ist weiterhin das Spektrum des Leuchtdichte- und des Farbsignals in Videolage dargestellt. Beide Signale weisen ein Linienspektrum auf. Die Lage der Linien beider Spektren wurde aus Kompatibilitätsgründen zum Schwarz/Weiß-Empfang so gewählt, daß die Spektrallinien nicht aufeinander fallen. Für den Farbräger wurde die relativ hohe Frequenz von 4,43 MHz gewählt, um eine möglichst geringe gegenseitige Beeinflussung der Komponenten des FBAS-Signals sicherzustellen.

4.1.2 Digitale Signale

Die ursprünglich analogen Sprach-, Musik- und Bildsignale können durch Abtastung, Quantisierung und Codierung in digitale Signale umgewandelt werden (siehe auch Anlageband 3 zum Telekommunikationsbericht).

Für eine digitale Übertragung ergeben sich aus dem Abtasttheorem und der erforderlichen oder genormten Amplitudenaufösung (Quantisierung) für Sprache und Musik die in Tabelle 4.2 angegebenen Bitraten.

Signal	Höchste zu übertragende Frequenz in kHz	Amplitudenstufenzahl	Anzahl der Bits für binäre Übertragung	Abtastfrequenz in kHz	Bitrate in kbit/s
Sprache	3,4	256	8	8	64
Musik	15	1024	10	32	320

Tabelle 4.2 Übertragungsraten digitalisierter Tonsignale

Bei der Digitalisierung von Farbfernsehsignalen ist zu unterscheiden, ob eine geschlossene Digitalisierung des Gesamtsignals (Leuchtdichte + Farbe + Synchronsignale) oder eine getrennte Digitalisierung dieser Teilsignale mit anschließender Verschachtelung vorgenommen wird. Bei geschlossener Digitalisierung von NTSC- und PAL-Signalen muß zur Vermeidung von Interferenzstörungen prinzipiell die erhöhte Abtastfrequenz von 13,29 MHz (gleich $3 \times 4,43$ MHz Farbrägerfrequenz) gewählt werden, so daß bei einer Quantisierung mit 8 bit pro Abtastwert eine Bitrate von ungefähr 106 Mbit/s folgt (Bild 4.3). Neuere Verfahren gestatten es, für PAL-Signale geringere Abtastraten zu verwenden, ohne daß Interferenz-

störungen sichtbar werden. Bei getrennter Digitalisierung von Leuchtdichte- und Farbsignal kann sowohl die Abtastfrequenz als auch teilweise die Quantisierungsstufenzahl erniedrigt werden. Es ergibt sich eine zu übertragende Bitrate, die wesentlich unter derjenigen für die geschlossene Digitalisierung liegt.

Aus diesem Grunde wird verschiedentlich eine getrennte Digitalisierung in Betracht gezogen. Da bei der Trennung der beiden Signale jedoch Qualitätsverluste in Kauf genommen werden müssen, ist eine mehrmalige Codierung dieser Art, wie sie bei komplexen Netzstrukturen notwendig werden kann, problematisch.

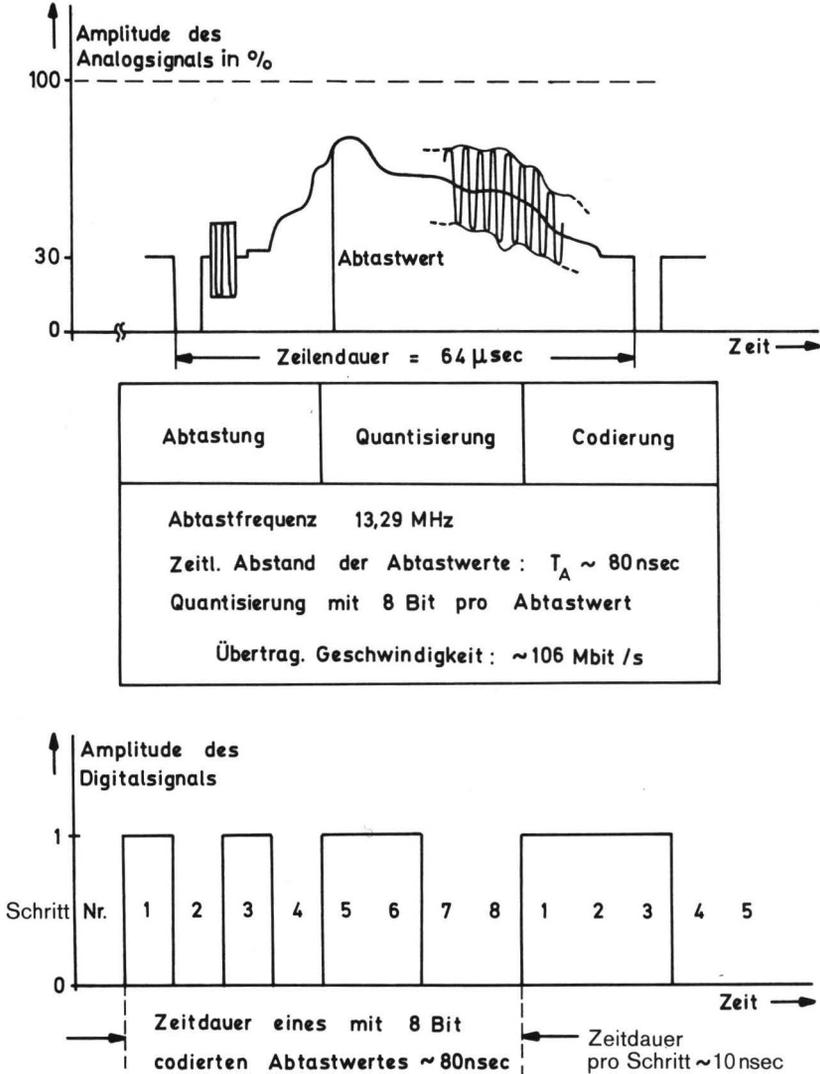


Bild 4.3 Digitalisiertes Bildsignal

Für ein Bildfernsehsignal mit 1 MHz Bandbreite und 8 bit pro Abtastwert folgt entsprechend die Bitrate von 16 Mbit/s. Tabelle 4.4 gibt eine Übersicht.

Signal	Höchste zu übertragende Frequenz in MHz	Amplitudenstufenzahl	Anzahl der Bits pro Abtastwert	Abtastfrequenz in MHz	Bitrate in Mbit/s
Farbfernsehen (geschl. Digit.)					
BiF-5 MHz	5	256	8	13,29	106
BiF-1 MHz	1	256	8	2	16

Tabelle 4.4 Übertragungsraten digitalisierter Bildsignale

4.1.3 Quellen- und Kanalcodierung

4.1.3.1 Grundlage, Zweck und Bedeutung

Ton- und Bildsignale enthalten Anteile, die unterdrückt werden können, ohne daß die Qualität bei der Wiedergabe merklich darunter leidet.

Für sogenannte Quellencodierungen, die dies berücksichtigen, sind eine Reihe von Verfahren vorgeschlagen worden. Die Forschung auf diesem Gebiet ist jedoch bei weitem nicht abgeschlossen. Die Bedeutung dieser Arbeiten folgt daraus, daß bei digitaler Sprach-, Musik- und Bildübertragung Kompressionsfaktoren zwischen 3 und 10 zu erwarten sind. Das heißt, bei Einsatz der Bildkompression würde ein Fernübertragungsnetz für Bildfernsehen nur $\frac{1}{10}$ bis $\frac{1}{3}$ der Übertragungskapazität im Vergleich zu unkomprimierter Übertragung benötigen.

Da Übertragungskanäle nie völlig störungsfrei sind, ergeben sich bei digitaler Übertragung falsch erkannte Bits. Die Auswirkung dieser Übertragungsfehler ist z. B. bei einem Datenaustausch zwischen Rechnern oder bei komprimierten Ton- und Bildsignalen besonders kritisch. Setzt man jedoch sogenannte fehlererkennende und fehlerkorrigierende Verfahren ein, dann wird auch über gestörte Kanäle eine nahezu fehlerfreie Nachrichtenübertragung möglich. Die Anwendung von fehlererkennenden und fehlerkorrigierenden Codes faßt man unter dem Oberbegriff **K a n a l c o d i e r u n g** zusammen.

Der Einsatz von Verfahren der Quellen- und Kanalcodierung ist aufeinander abzustimmen. Insgesamt muß ein Optimum hinsichtlich Bitrate, Aufwand und Qualität der Übertragung gefunden werden.

4.1.3.2 Quellencodierung

Die Digitalisierung der Signale erfolgt durch Pulsmodulation (PCM), Deltamodulation (Δ -Mod.) oder differentielle Pulsmodulation (DPCM). Dabei wird das Analogsignal der Quelle in ein Digitalsignal mit n bit pro Abtastwert umgewandelt. Bezeichnet man den mittleren Informationsgehalt dieses Digitalsignals mit I , dann liefert die Differenz $n - I = R$ die Redundanz des Digitalsignals. Sie läßt sich eliminieren, ohne daß sich die Wiedergabequalität im Vergleich zu der Übertragung mit n bit pro Abtastwert ändert. Hierzu geeignete Verfahren sind: Lauflängen-Codierung (Run-Length-Codierung), Syndrom-Codierung, Optimal-Codierung und Bild-zu-Bild-Codierung (Interframe-Codierung) mit bedingter Bildpunkt-Übertragung.

Durch die Digitalisierung kann bereits Information unterdrückt werden, die für den Empfänger nicht relevant ist. Derartige Informationen werden zwar von der Quelle erzeugt, sind aber für den Empfänger nutzlos (Irrelevanz). Verfahren, die insbesondere im Hinblick auf die Beseitigung von Irrelevanz entwickelt wurden, sind Adaptive DPCM, Bildpunktunterdrückung und Rekonstruktion durch Interpolation. Auch die Abtastung etwas unterhalb der Nyquistrate (Subsampling) gehört zu diesen Verfahren.

Die erforderliche Bitrate bei Anwendung von Kompressionsverfahren ist eine Funktion der geforderten Wiedergabequalität und des zulässigen Aufwands für die Realisierung. In Tabelle 4.5 werden einige Bitraten angegeben, die bei bekanntgewordenen Forschungsarbeiten erreicht wurden.

Signal	Kompressions-Verfahren	Bitrate	Kompressions-verhältnis	Qualität bei einmaliger Codierung
Sprache	Vocoder	2,4 kbit/s	≈ 27	befriedigend
	Vocoder	4,8 kbit/s	≈ 13	gut/befriedigend
	Δ -Mod.	32 kbit/s	2	gut/sehr gut
Musik	PCM + Komp.	120 kbit/s	≈ 3	gut
BiF-1 MHz	Interframe	2 Mbit/s	8	gut
	Intraframe	8 Mbit/s	2	sehr gut
BiF- bzw. TV-5 MHz (farbig) (schwarz/weiß)	Intraframe	32 Mbit/s	≈ 3	gut
	Intraframe	14 Mbit/s	≈ 6	gut

Tabelle 4.5 Übertragungsraten und Wiedergabequalität digitalisierter Ton- und Bildsignale mit Quellencodierung

4.1.3.3 Kanalcodierung

Zur Fehlererkennung und -korrektur bei gestörter Übertragung muß der Quelleninformation durch eine redundante Codierung zusätzliche Information hinzugefügt werden. Dies läßt sich erreichen, indem man nach einer Rechenvorschrift aus den digitalen Signalen der Quelle Prüfzeichen ableitet und diese zusammen mit den Informationszeichen überträgt. Die Wirksamkeit eines redundanten Codes steigt mit der Redundanz, bei konstanter relativer Redundanz aber auch mit der Menge an Information, aus der die Redundanz abgeleitet wird, d. h. mit der Codewortlänge. Je länger die Codewörter, um so aufwendiger ist jedoch das Korrekturverfahren. Es kann also bei vorgeschriebener Fehlerreduktion Realisierungsaufwand gegen Redundanz ausgetauscht werden, und umgekehrt. Ein Code darf bereits als hochredundant angesehen werden, wenn er 50% Redundanz besitzt. Bekannte Fehlerkorrekturverfahren arbeiten mit Redundanzwerten zwischen 5 und 50%. Die notwendige Erhöhung der Übertragungsgeschwindigkeit aufgrund der zusätzlichen Redundanz ist also gering im Vergleich zu den erreichbaren Kompressionswerten bei Quellencodierung, d. h. durch die Kanalcodierung erreicht man eine Reduktion der Übertragungsfehler auf Kosten einer geringfügigen Effizienzminderung der Quellencodierung.

Fehlererkennung kann auch durch sogenannte Störungsdetektoren geschehen, indem man die Verzerrungen der empfangenen Signale mißt und ein Zeichen als fehlerhaft interpretiert, wenn der Verzerrungsgrad eine Schranke übersteigt. Die Effizienz von redundanten Codes zur Fehlerkorrektur wird durch Störungsdetektoren erheblich erhöht.

Die Korrektur von Fehlern kann geschehen, indem man durch Code- und/oder Störungsdetektoren Fehler erkennt und aus dem empfangenen Kontext durch Interpolation die fehlerhafte Information zu rekonstruieren versucht. Bei Vorwärtskorrektur werden mit Hilfe der übertragenen Redundanz und einer Rechenvorschrift (Decodierung) die Fehler in der Information lokalisiert und automatisch eliminiert.

Die Wirkung von Übertragungsfehlern auf verschiedene digitalisierte Nachrichten ist in Tabelle 4.6 zusammengestellt.

Bekannt sind folgende Mittelwerte der Binärfehlerwahrscheinlichkeit p bei Übertragung auf vorhandenen Kanälen:

Telefonverbindungen	$p \leq 10^{-5}$
Telexverbindungen	$p \leq 5 \cdot 10^{-5}$
Funkverbindungen	$p \leq 10^{-2}$ bis 10^{-6}
Satellitenstrecken	$p \leq 10^{-4}$

Offen bleibt die Frage, mit welchen Fehlerwahrscheinlichkeiten in einem zukünftigen Breitbandnetz zu rechnen ist. Sollten die Fehlerwahrscheinlichkeiten höher liegen, als für eine hohe Übertragungsqualität erforderlich ist, dann verteuert sich das Netz durch die

Korrekturvorrichtungen. Die Auswahl geeigneter Korrekturverfahren unter der Annahme verschiedener Fehlerstrukturen auf den Übertragungstrecken ist z. Z. noch Gegenstand der Forschung.

Signal	Fehlerrate	Qualität
Sprache über PCM	10^{-2}	noch verständlich gute Qualität
	10^{-5}	
Sprache über Δ -Mod.	10^{-1}	noch verständlich gute Qualität
	10^{-3}	
Bild über PCM	$2 \cdot 10^{-1}$	noch erkennbar noch akzeptabel hohe Qualität
	10^{-4}	
	10^{-6}	
Bild über DPCM	10^{-2}	noch erkennbar noch akzeptabel hohe Qualität
	10^{-6}	
	10^{-8}	

Tabelle 4.6 Wirkung von Übertragungsfehlern auf digitalisierte Ton- und Bildsignale

Unter Berücksichtigung der angegebenen Verfahren zur Quellen- und Kanalcodierung werden für die weiteren Betrachtungen in diesem Bericht die in Tabelle 4.7 angegebenen Bitraten für die digitalisierten Bewegtbildsignale zugrunde gelegt.

Signal		Bandbreite in MHz	Bitrate in Mbit/s
Bildfernsehen Schwarz/Weiß	BiF-1 MHz	1	8
Bildfernsehen Schwarz/Weiß	BiF-5 MHz	5	48
Bildfernsehen Farbe	BiF-5 MHz	5	64

Tabelle 4.7 Typische Übertragungsraten für digitalisierte Bildfernseh-Signale

Es kann als sicher gelten, daß diese Bitraten mit fortschreitender Entwicklung der Technik bei entsprechendem Aufwand verringert werden können. So sind Werte zwischen 32 und 50 Mbit/s für die getrennte Digitalisierung eines 5MHz-Farbsignals bei entsprechendem Aufwand bereits in der Literatur angegeben worden. Für 1 MHz Bildfernsehen wird eine Bitrate von etwa 2 Mbit/s angestrebt.

4.2 Übertragungsverfahren

Das analoge Bildsignal oder ein hieraus durch Abtastung, Quantisierung und Codierung abgeleitetes Digital-Signal kann entweder als Basisbandsignal oder nach einer geeigneten Modulation als trägerfrequentes Signal übertragen werden (Bild 4.8, sowie auch Anlageband 3 zum Telekommunikationsbericht). Modulationsverfahren werden immer dann eingesetzt, wenn Übertragungsstrecken in wirtschaftlicher Weise mehrfach zu nutzen sind, oder wenn die Übertragungsstrecke die Übertragung als Basisbandsignal nicht erlaubt.

Für die Modulation einer Trägerschwingung durch das analoge Bildsignal haben sich die Restseitenband-Amplitudenmodulation und die Frequenzmodulation bewährt. Die erstere wird bei Übertragung auf Koaxialkabeln und eventuell Kryokabeln, die letztere bei Richtfunk- und Satellitenstrecken Anwendung finden bzw. bereits eingesetzt. Eine Basisbandübertragung analoger Bildinformation ist nur auf symmetrischen Kabeln denkbar. Alle aus dem Analog-Signal abgeleiteten Basisband- bzw. Trägerfrequenzsignale sind zeit- und wertkontinuierliche Zeitfunktionen.

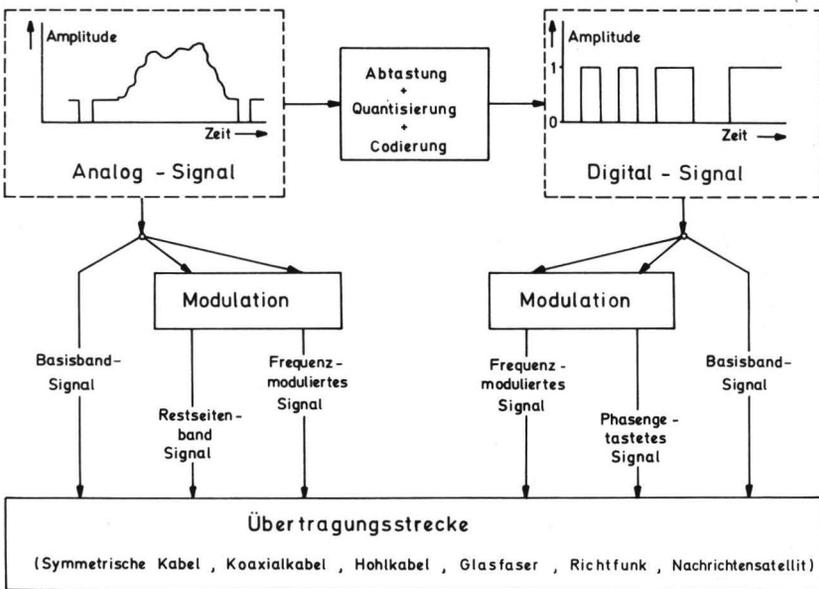


Bild 4.8 Übertragungsverfahren

Für die Übertragung digitalisierter Bildsignale kommt neben der Übertragung in Basisbandlage eine Übertragung mittels phasengetasteter oder frequenzmodulierter Trägerschwingungen in Frage. Die Basisbandübertragung wird bei symmetrischen und koaxialen Kabeln sowie bei Kryo- und Glasfaserkabeln Anwendung finden. Phasen-

umtastung und Frequenzmodulation wird dagegen bei den Übertragungsmedien Hohlkabel, Richtfunk und Nachrichtensatellit eingesetzt werden. Dabei stellt das Basisbandsignal eine wert- und zeitdiskrete Zeichenfolge dar, während das Trägerfrequenzsignal eine wertdiskrete und zeitkontinuierliche Funktion ist.

4.3 Übertragungssysteme

4.3.1 Frequenzmultiplexsysteme (FDM)¹⁾

Die mengenmäßig weitaus meisten Nachrichten, die heute im öffentlichen Fernmeldenetz zu übertragen sind, sind Fernsprechsingnale. Die Übertragungssysteme sind deshalb vorwiegend für diese Nachrichtenart ausgelegt, und ihre Übertragungskapazität wird durch die Zahl der Fernsprechanäle ausgedrückt, die mit dem jeweiligen System geschaffen werden.

Im gegenwärtig existierenden Fernmeldenetz sind überwiegend Frequenzmultiplexsysteme eingesetzt. Zeitmultiplexsysteme kamen erst in letzter Zeit hinzu. Dies ist eine Folge der Entwicklung auf dem Bauelementegebiet. Zeitmultiplexsysteme erfordern verhältnismäßig mehr aktive Schaltungsfunktionen als Frequenzmultiplexsysteme. Für ihre wirtschaftliche Konkurrenzfähigkeit war deshalb die neuere Entwicklung auf dem Gebiet der Transistoren, integrierten Schaltungen und anderer Halbleiter ausschlaggebend.

Die allen Multiplexsystemen zugrunde liegende Idee heißt: Wirtschaftliche Vorteile durch Mehrfachausnutzung des Übertragungsmediums.

Da ein Fernsprechanal nur etwa 4 kHz Bandbreite benötigt, andererseits auf den Übertragungsmedien aber erheblich breitere Frequenzbänder bereitgestellt werden können, wird bei den Frequenzmultiplexsystemen eine entsprechende Zahl von Fernsprechanälen aneinandergereiht, wobei jeder Fernsprechanal einen nur ihm eigenen Teil des Frequenzspektrums belegt.

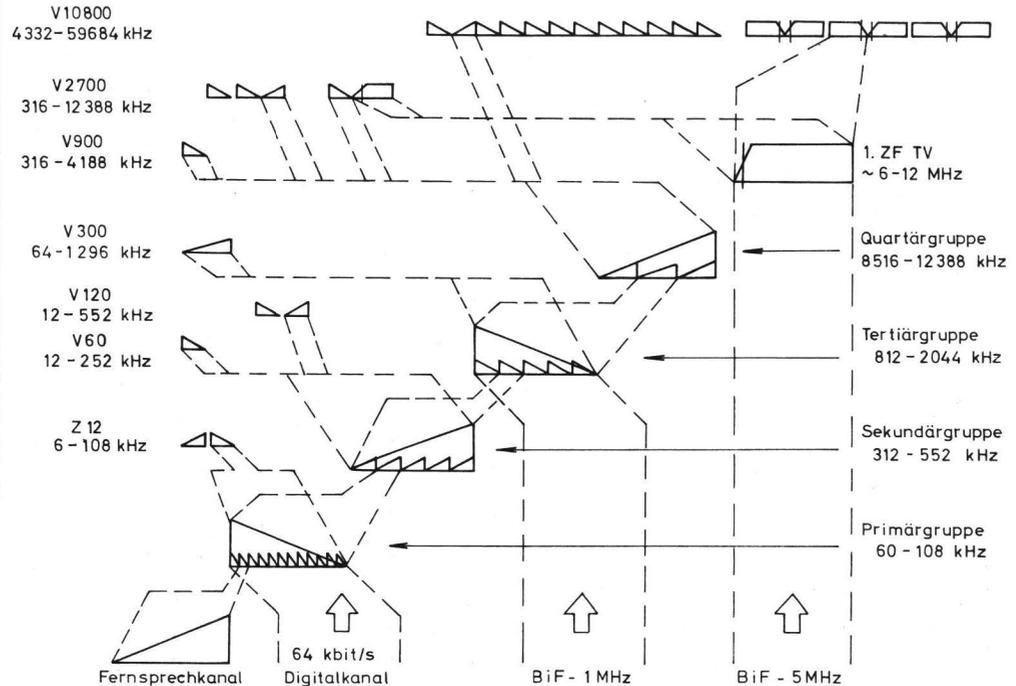
Die verschiedenen Einsatzbedingungen im Netz erfordern eine ganze Skala von Übertragungssystemen unterschiedlicher Übertragungskapazität. Es gibt deshalb Übertragungssysteme von 12 Fernsprechanälen bis zu solchen mit 10800 Fernsprechanälen.

Bei den Frequenzmultiplexsystemen werden die Übertragungsbänder fast ausschließlich durch Einseitenbandmodulation aufgebaut, weil diese Modulationsart mit der geringsten Bandbreite und mit minimalem Energieaufwand auskommt.

Die Übertragungsbänder werden in mehreren Umsetzungsstufen zusammengesetzt (Bild 4.9). In einer ersten Stufe werden zwölf Fernsprechanäle zur Primärgruppe vereinigt. Damit kann dann schon ein Trägerfrequenzsystem für zwölf Fernsprechanäle (Z-12-System)

¹⁾ FDM = frequency division multiplex

TF-System	Anzahl der Kanäle für		Ersatz der Fernsprechk. d.	
	Fern-sprechen	Bi F-5MHz	Bi F-1MHz	64 kbit/s-Kanäle
V10800	10800	-	36	900
	7200	2	24	600
	-	6	-	-
V2700	2700	-	9	225
	900	1	3	75
V900	900	-	3	75
V300	300	-	1	25
V120	120	-	-	10
V60	60	-	-	5
Z12	12	-	-	1



47 Bild 4.9 Frequenzpläne der Frequenzmultiplex-Übertragungssysteme und Übertragungskapazität für Breitbandsignale

versorgt werden. Oder es können fünf solcher Primärgruppen zur Sekundärgruppe zusammengefaßt werden. Damit werden die Trägerfrequenzsysteme V 60 bzw. V 120 für 60 bzw. 120 Kanäle aufgebaut. In ähnlicher Weise wird aus fünf Sekundärgruppen eine Tertiärgruppe und aus drei Tertiärgruppen eine Quartärgruppen gebildet. Somit enthalten

eine Primärgruppe	12 Fernspreckkanäle
eine Sekundärgruppe	60 Fernspreckkanäle
eine Tertiärgruppe	300 Fernspreckkanäle
eine Quartärgruppe	900 Fernspreckkanäle

Diese Gruppenebenen bilden auch gleichzeitig Durchschalteebenen, um entsprechende Bündel von Kanälen von einem Übertragungssystem auf ein anderes gemeinsam durchzuschalten.

Will man Breitbandsignale über Frequenzmultiplexsysteme übertragen, dann kann man dies dadurch erreichen, daß entsprechende Frequenzbänder anstatt mit Fernspreckkanälen mit den entsprechend in der Frequenz umgesetzten Breitbandsignalen belegt werden.

So benötigt z. B. ein Digitalsignal mit 64 kbit/s für seine Übertragung das Frequenzband einer Primärgruppe (48 kHz).

Das 1 MHz-Bildfernprecksignal benötigt dagegen bei Restseitenbandmodulation das Band einer Tertiärgruppe (1 232 kHz). Ein 5 MHz breites Bildfernprecksignal paßt in keine der bisher genormten Gruppen. Zur Übertragung auf FDM-Kabelsystemen läßt sich das Signal in Restseitenbandmodulation in eine erste Zwischenfrequenzlage im Bereich von etwa 6 bis 12 MHz bringen. Dieses Bildfernprecksignal könnte dann auf dem System V 2700 in der erwähnten Frequenzlage übertragen werden. Das neue System V 10800 kann anstelle der 10 800 Fernspreckkanäle sechs Bildfernpreckkanäle aufnehmen. Hierzu werden die 5 MHz breiten Bildfernprecksignale aus der ersten Zwischenfrequenzlage über weitere Umsetzungsstufen in die Übertragungslage gebracht.

Für die Übertragung von 5 MHz-Bildfernprecksignalen werden also die breitbandigsten Kabelübertragungssysteme benötigt, wobei zu beachten ist, daß das System V 10800 erst ab 1976 im deutschen Fernmeldenetz zum Einsatz kommen wird.

Bei den heutigen Richtfunkssystemen werden Fernsehsignale anstelle des Vielkanal-Fernspreckbandes direkt in Basisbandlage (Videolage) in den Frequenzmodulator gegeben.

Das gerätemäßige Aufbauschema der FDM-Übertragungssysteme zeigt Bild 4.10. Dabei ist jedoch zu beachten, daß in diesem Bild der Einfachheit halber nur eine Übertragungsrichtung gezeichnet wurde, daß in Wirklichkeit aber die für eine Kommunikation notwendigen beiden Übertragungsrichtungen vorhanden sein müssen.

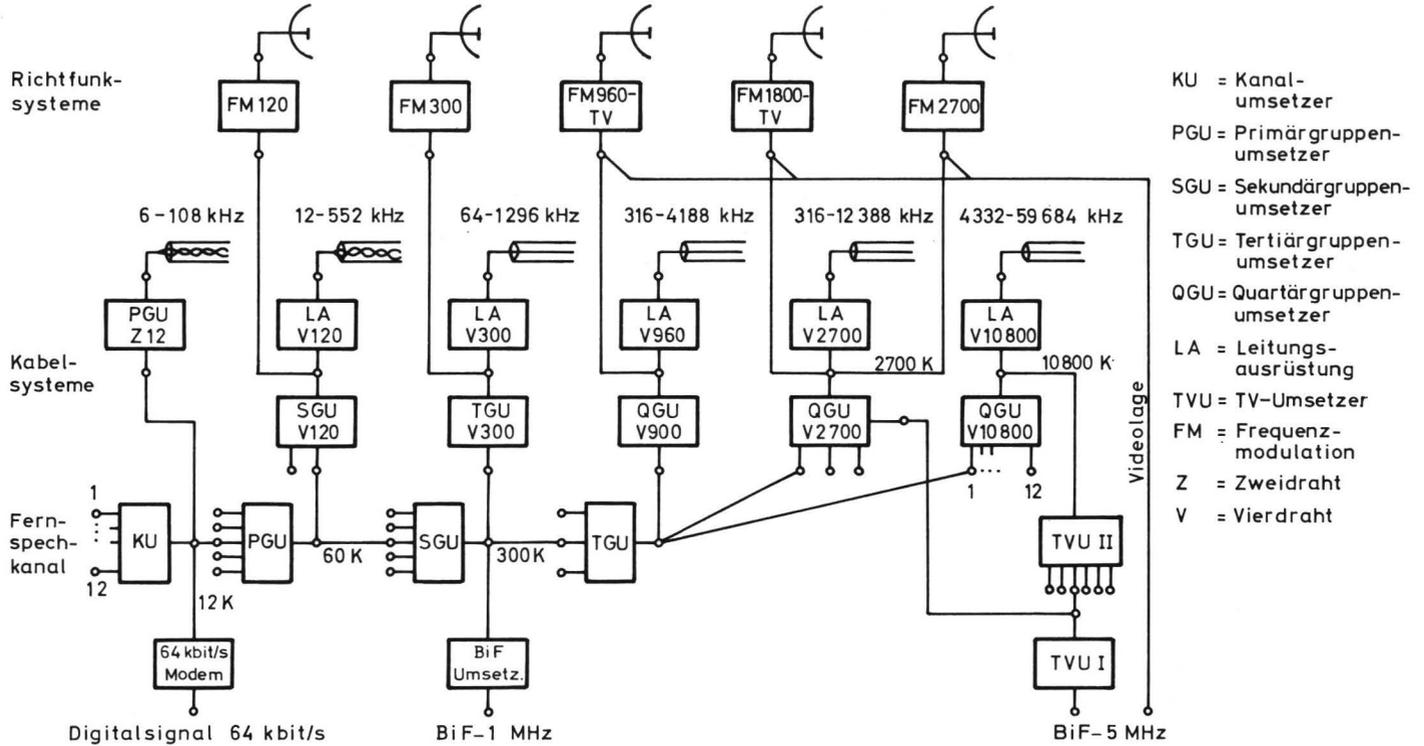


Bild 4.10 Aufbauschema der Frequenzmultiplex-Übertragungssysteme (eine Übertragungsrichtung)

In Bild 4.10 ist auch angedeutet, daß Kabelsysteme mit bis zu 120 Fernsprechkä­nen auf symmetrischen Kabeladerpaaren betrieben werden können, während Systeme ab 300 Kä­nen nur auf Koaxialleitungen eingesetzt werden.

Der Vollständigkeit halber sei noch erwähnt, daß es neben diesen, im Fernsprechnet­ verwendeten Übertragungssystemen noch ein spezielles Fernsehsystem gibt, das TV-21-System. Dieses für kürzere Verbindungen eingesetzte System verwendet Zweiseitenbandmodulation mit einem Träger von 21 MHz und wird auf dem Koaxialpaar 2,6/9,5 mm betrieben.

4.3.2 Zeitmultiplexsysteme (TDM) ¹⁾

Die für eine wirtschaftliche Nutzung des Übertragungsmediums notwendige Multiplexbildung geschieht bei den Zeitmultiplexsystemen durch zeitliche Verschachtelung der verschiedenen zu übertragenden Nachrichten. Dabei wird zyklisch nacheinander von jeder Nachricht ein kurzes Stück übertragen. Hierzu eignen sich besonders Nachrichten in Digitalform. Der Vollständigkeit halber sei aber erwähnt, daß auch schon Zeitmultiplexsysteme für Analogsignale gebaut wurden, z. B. Pulsphasenmodulations-Systeme (PPM) und Pulsamplitudenmodulations-Systeme (PAM), die sich aber nicht durchsetzen konnten.

Nachrichten, die in Analogform vorliegen, werden bei der Multiplexbildung in Digitalsignale umgesetzt. Für die im Netz überwiegende Nachrichtenart, das Fernsprechen, hat sich dafür die Pulsmodulation (PCM) bewährt. Dabei wird ein Fernspreksignal in ein Digital­signal von 64 kbit/s umgewandelt.

Die Übertragungskapazität von TDM-Systemen wird — genau wie bei den FDM-Systemen — durch die Zahl der damit geschaffenen Fernsprekkanäle ausgedrückt. In einem solchen System wird in einem Zyklus nacheinander von jedem der 30 Kanäle je ein Amplitudenwert, codiert in Form eines 8 bit-Wortes, übertragen. Ein Durchlauf enthält $30 \times 8 = 240$ bit. Hinzu kommen noch ein Synchronwort von 8 bit und ein Zeitschlitz von 8 bit, in dem die vermittlungstechnischen Kennzeichen für die 30 Kanäle übertragen werden. Der sogenannte Rahmen enthält somit 256 bit. Er muß 8 000mal pro Sekunde wiederholt werden, weil für eine gute Fernspreckqualität 8 000 Amplitudenwerte pro Sekunde übertragen werden müssen. Somit ergibt sich die Übertragungsgeschwindigkeit des PCM-30-Systems zu $256 \times 8000 = 2,048$ Mbit/s.

Die Übertragungssignale des nächsthöheren TDM-Systems werden dadurch gewonnen, daß vier Rahmen des PCM-30-Systems kammartig miteinander verschachtelt werden. Dafür werden die einzelnen Bits in den Rahmen zeitlich um den Faktor 4 gekürzt, so daß Platz für die

¹⁾ TDM = time division multiplex

Bits der drei anderen Rahmen entsteht. Diesem Signal werden noch 4×64 kbit/s für die Synchronisierung zugefügt, damit man auf der Empfangsseite die vier Rahmen wieder richtig trennen kann. So entsteht für die zweite Stufe eine Übertragungsgeschwindigkeit von 8,448 Mbit/s. In ähnlicher Weise werden auch die weiteren Stufen mit Rahmen für 480, 1 920, 7 680 und 15 360 Fernsprechanäle gebildet (Bild 4.11).

Im Jahr 1975 waren PCM-Systeme mit mehr als 30 Kanälen bei der Deutschen Bundespost noch nicht im praktischen Einsatz.

Die Übertragung von Digitalsignalen mit 64 kbit/s bringt bei einem TDM-System keine wesentlichen Schwierigkeiten, weil diese Bitrate genau derjenigen eines PCM-codierten Sprachkanals entspricht. Man muß also nur das Digitalsignal anstelle eines Sprachkanals in den Zeitschlitz von 8 bit pro Rahmen einschleusen. Das ist am einfachsten, wenn die Bitrate des Digitalsignals mit dem Takt des Übertragungssystems synchronisiert ist. Anderenfalls muß mit Pufferspeicher gearbeitet werden. Es gibt hierfür verschiedene Techniken, doch würde es im Rahmen dieses Berichtes zu weit führen, darauf näher einzugehen.

Bildsignale — ob mit 1 MHz oder mit 5 MHz Bandbreite — müssen zuerst, wie in Abschnitt 4.1.2 beschrieben, in Digitalsignale umgewandelt werden, bevor sie auf TDM-Systemen übertragen werden können. Über die in Zusammenhang mit der Digitalisierung mögliche Redundanzreduktion wurde im Abschnitt 4.1.3 bereits gesprochen.

Ein Bildfernprechsinal mit 1 MHz Bandbreite kann somit über das System PCM 120 übertragen werden. Ein Bildfernprechsinal mit 5 MHz Bandbreite läßt sich in der 4. Hierarchiestufe, also durch das System PCM 1920, übermitteln.

In Bild 4.12 ist ähnlich wie bei den FDM-Systemen das Aufbauschema der TDM-Übertragungssysteme dargestellt. Auch hier wurde zur Vereinfachung des Bildes wiederum nur eine Übertragungsrichtung eingezeichnet.

Durch die Multiplexer (MUX 1 bis 6) werden Übertragungskapazitäten für 30, 120, 480, 1 920, 7 680 und 15 360 Sprachkanäle gebildet. Die drei erstgenannten Systeme lassen sich auf symmetrischen Leitungen, die drei letztgenannten, wie in Abschnitt 4.4.1 gezeigt wird, nur auf Koaxialkabeln übertragen. TDM-Systeme können, wie im Bild 4.12 dargestellt, außerdem auf Glasfaserkabeln, auf Hohlkabeln und auf Richtfunkstrecken eingesetzt werden.

4.4 Übertragungsmedien

Bevor auf die verschiedenen Übertragungsmedien im einzelnen eingegangen wird, sollen noch einige gemeinsame Merkmale herausgestellt werden.

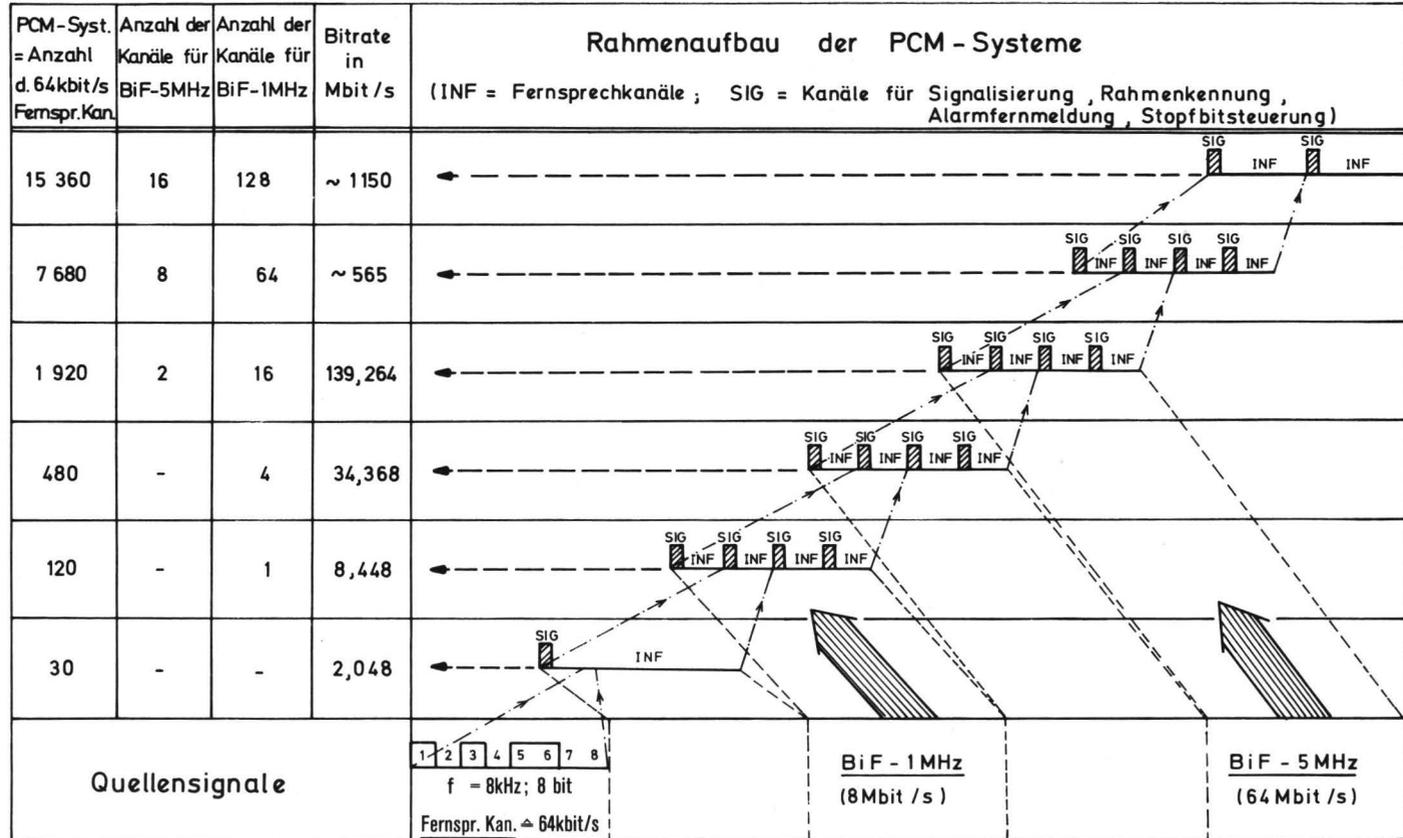


Bild 4.11 Rahmenstrukturen der Zeitmultiplex-Übertragungssysteme und Übertragungskapazität für Breitbandsignale

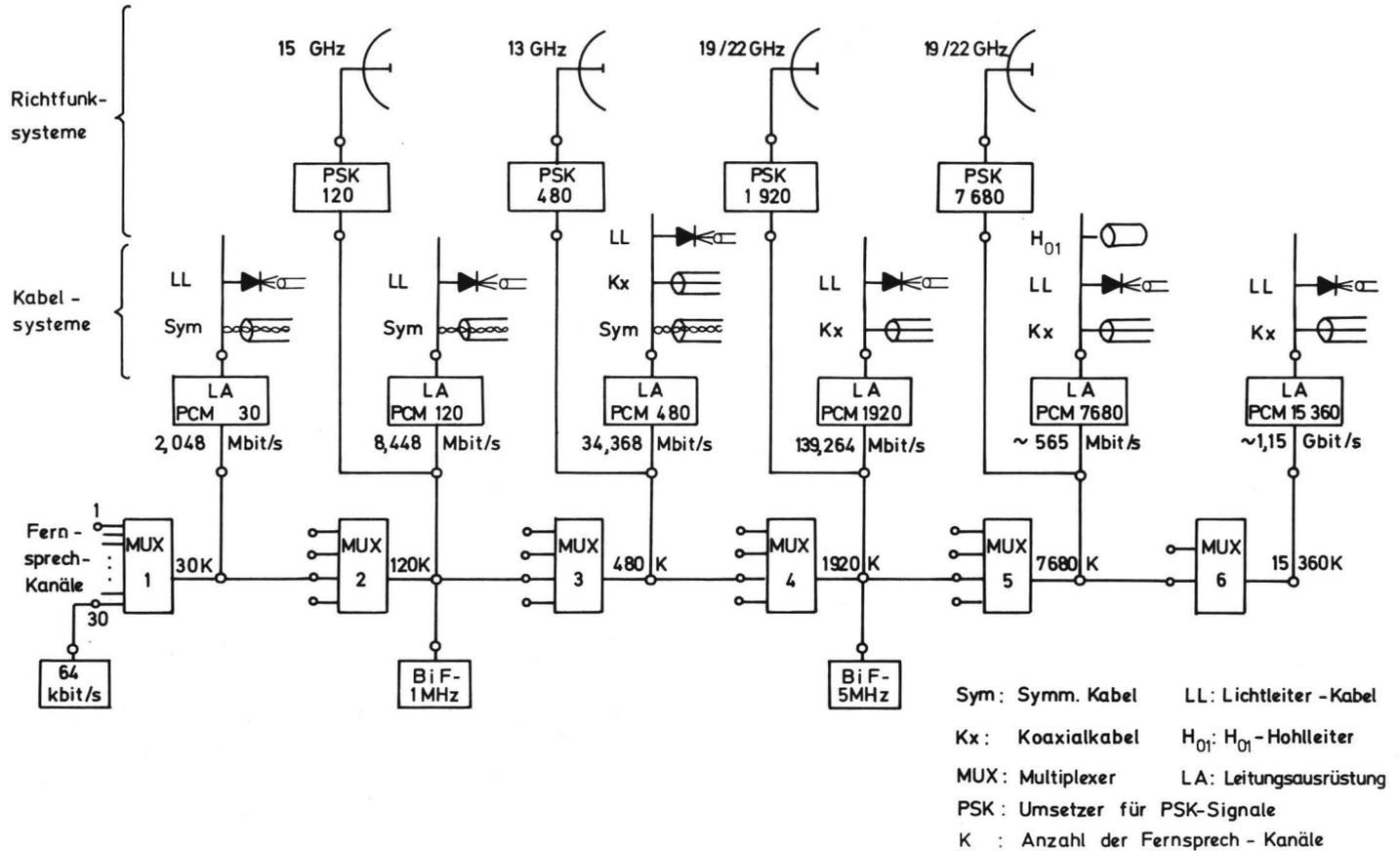


Bild 4.12 Aufbauschema der Zeitmultiplex-Übertragungssysteme (eine Übertragungsrichtung)

Alle Übertragungsmedien weisen in ihren Übertragungseigenschaften eine Begrenzung auf, deren Ursache in einer oder mehreren der folgenden Charakteristiken zu suchen ist:

- Dämpfung
- Nebensprechen
- Signalverzerrung
- Reflexionen.

Das Signal muß, um es trotz dieser Begrenzung über beliebige Entfernungen übertragen zu können, in regelmäßigen Abständen wieder in seine Originalform (soweit als möglich) zurückgeführt werden. Hierzu sind z. B. Zwischenverstärker, Relaisstellen oder Zwischenregeneratoren notwendig (siehe hierzu Bild 4.13). Die mögliche Länge zwischen zwei solchen Punkten, d. h. die Verstärker-, Funkfeld- oder Regeneratorfeldlänge, ist von der Übertragungskapazität und dem Übertragungsmedium abhängig. Zu einer Übertragungsstrecke gehören also das entsprechende Übertragungsmedium und die zugehörigen Zwischenstellen.

Erst diese Einrichtungen zusammen ergeben den Übertragungsweg mit den gewünschten Eigenschaften, vor allem mit der geforderten Übertragungskapazität.

Abgesehen von Hohlleiterkabeln, bei denen das Kabel gewöhnlich aus einem einzigen Hohlleiter besteht, enthalten alle anderen Kabeltypen immer mehrere Leitungen. Dies hat eine ganze Reihe von Vorteilen, von denen hier nur einige angedeutet werden sollen:

- mehr Übertragungskapazität
- leichteres Abzweigen von Teilen des Verkehrs
- bessere Zuverlässigkeit des Gesamtnetzes
- getrennte Leitungen für die beiden Übertragungsrichtungen
- kostengünstiger, weil Kabelmantel- und Verlegekosten sich auf mehrere Leitungen aufteilen.

An den Zwischenstellen muß eine entsprechende Zahl von Geräten (Verstärker, Regeneratoren etc.) vorhanden sein.

An den Endstellen muß das Signal für die Übertragung auf dem Medium angepaßt werden. Hierzu zählen Sende- und Empfangsverstärker, Entzerrer, Regeneratoren, Überwachungseinrichtungen usw. Viele der Übertragungssysteme haben relativ kurze Verstärkerfeldlängen. Ein Problem ist deshalb die zuverlässige Stromversorgung der Zwischenstellen, da ja die Übertragungsstrecken in Betrieb bleiben müssen, auch wenn das Stromversorgungsnetz ausfällt. Alle modernen Breitbandkabelsysteme arbeiten deshalb mit Fernstromversorgung der Zwischenstellen von den Endstellen aus. Die elektrische Energie wird über das Kabel selbst geleitet.

Bei den Richtfunkstrecken arbeiten meist, oft über eine einzige Antenne, mehrere Richtfunkgeräte parallel, wobei jedes Gerät einen anderen Funkkanal benutzt. Dies bringt viele der bereits bei den Kabelsystemen erwähnten Vorteile.

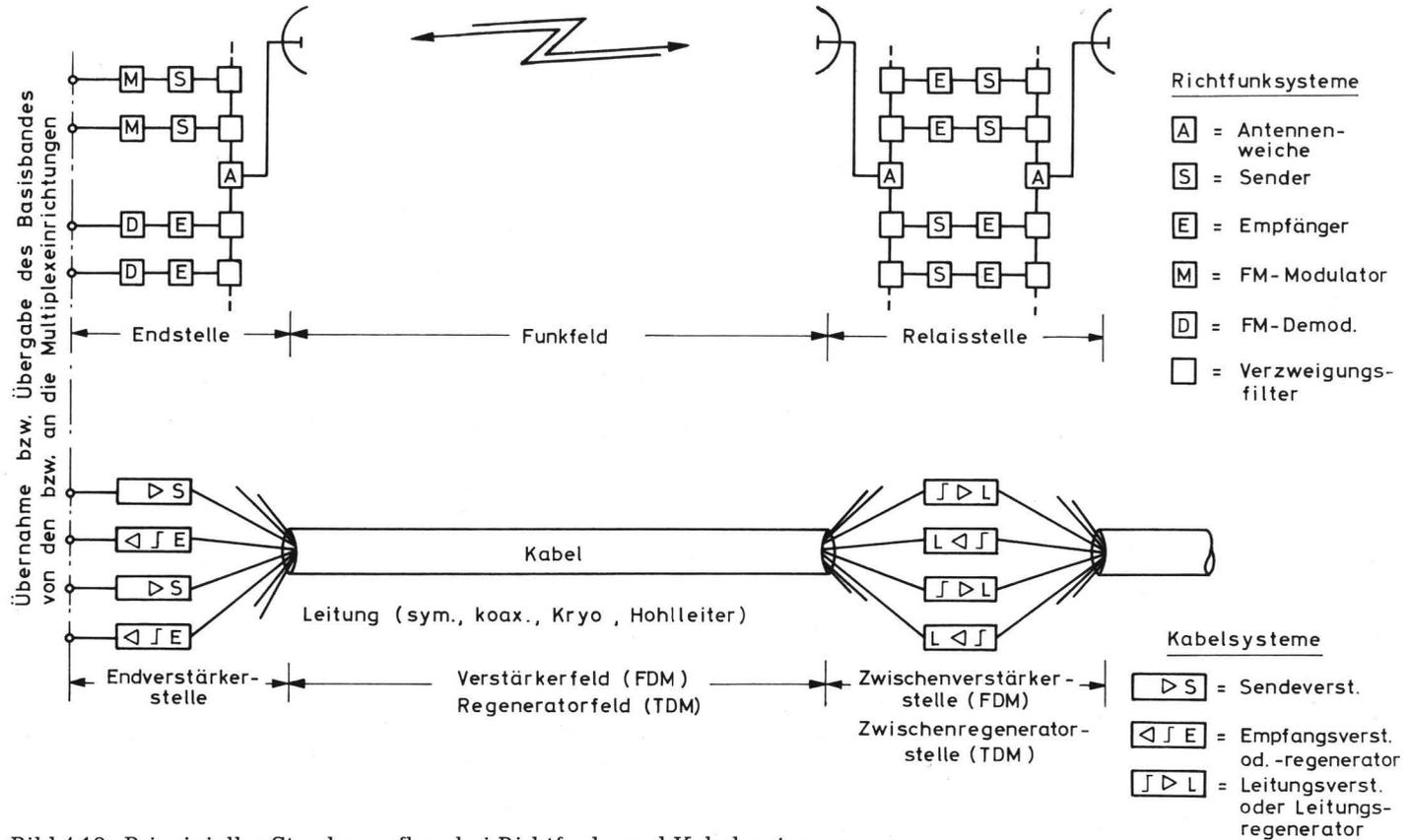


Bild 4.13 Prinzipieller Streckenaufbau bei Richtfunk- und Kabelsystemen

4.4.1 Symmetrische und koaxiale Kabel

Im heute bestehenden Fernmeldenetz sind neben Richtfunkstrecken ausschließlich symmetrische und koaxiale Kabel eingesetzt. Bild 4.14 zeigt eine Auswahl von Kabeltypen dieser Art.

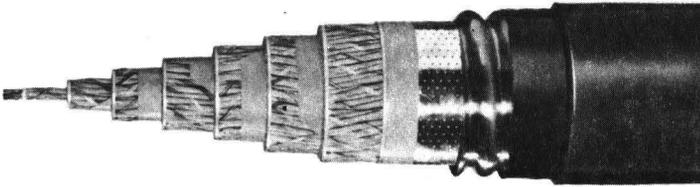
Bei den symmetrischen Kabeln besteht die einzelne Leitung aus zwei gleichen, isolierten Kupferdrähten. Da im Kabel immer eine große Zahl solcher Leitungen zusammengefaßt sind, können die elektrischen Signale von einer Leitung auf eine andere überkoppeln und so Nebensprechen verursachen. Zur Vermeidung dieser Störursache werden verschiedene Verseilarten angewandt.

Symmetrische Kabel sind überall da eingesetzt, wo Sprachsignale niederfrequent zu übertragen sind, also im Bereich der Ortsnetze als Teilnehmeranschlußkabel und als Ortsverbindungskabel sowie als Kabel in Nahverkehrsnetzen (Bezirkskabel). Zwischen den Leitungen läßt sich eine so gute Entkoppelung erreichen, daß die Nebensprechdämpfung auch bei langen Niederfrequenzstrecken ausreichend gut ist. Wie Bild 4.15 zeigt, steigt die Dämpfung solcher Leitungen mit zunehmender Frequenz immer stärker an. Sie ist auch um so größer, je dünner die Aderndurchmesser sind. Diese Dämpfung muß durch Verstärker wieder ausgeglichen werden. Die möglichen Abstände zwischen den Verstärkern sind also um so kürzer, je höher die zu übertragende Frequenz und je dünner der Aderndurchmesser ist.

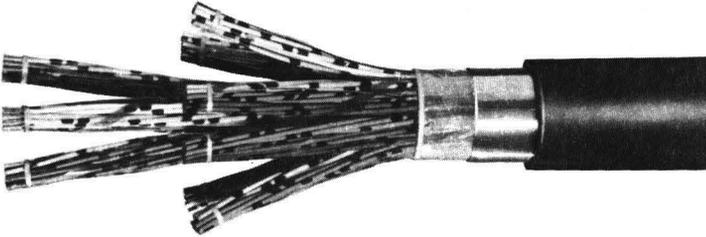
Die möglichen Verstärkerabstände sind aber nicht nur durch die Dämpfung begrenzt, sondern auch durch das Nebensprechen. Kritisch ist das Nahnebensprechen. Dabei kommt das gesendete Signal auf der gestörten Leitung zur sendenden Endstelle wieder zurück. Das Nutzsignal, das auf dieser gestörten Leitung wegen der Leitungsdämpfung mit niedrigem Pegel ankommt, wird um so mehr gestört, je größer der Verstärkerabstand ist. Hinzu kommt, daß die Nahnebensprechdämpfung mit zunehmender Frequenz stark abnimmt. Auf diese Weise kommen die sehr kurzen Verstärkerabstände zustande, wie sie in der Tabelle des Bildes 4.15 angegeben sind.

Im Weitverkehr werden symmetrische Kabel für TF-Systeme mit bis zu 120 Kanälen verwendet. Das entspricht einer oberen Bandgrenze von 552 kHz. Dies ist dadurch möglich, daß einerseits dicke Kabeladern (1,3 mm) mit kapazitätsarmer Isolation eingesetzt werden und daß andererseits das Nahnebensprechen dadurch eliminiert wird, daß zwei Kabel parallel ausgelegt werden, je eines für jede Übertragungsrichtung. Zusätzlich muß aber auch die Fernnebensprechdämpfung auf ausreichende Werte gebracht werden. Dabei werden an bestimmten Punkten durch Einbau von kleinen Kondensatoren im Kabel vorhandene Kopplungen symmetriert und damit unwirksam gemacht. Dies ist eine zeit- und kostenaufwendige Maßnahme.

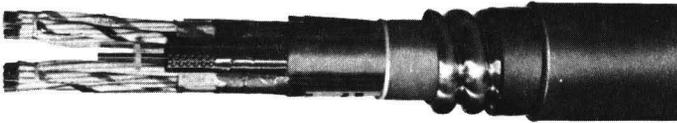
Bei neueren Kabelentwicklungen für die PCM-Technik wird das Nahnebensprechen im Kabel dadurch beseitigt, daß die Kabelseele in einzelne Bündel aufgeteilt ist, die jeweils durch eine Metallfolienumwicklung geschirmt sind. Damit ist das Nahnebensprechen nicht



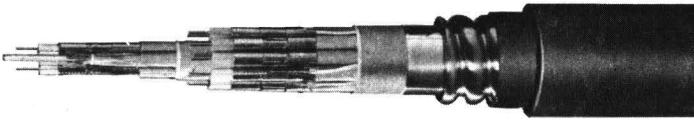
Bezirkskabel mit
Lagenverseilung



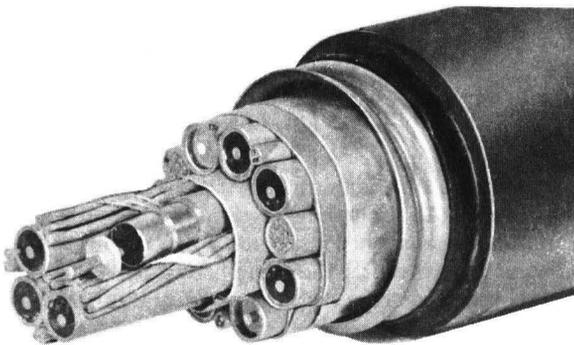
Ortskabel mit
Bündelverseilung



Breitbandkommunikations-
kabel $1 \times 2,6/9,5 \text{ mm}^\varnothing$
und 2 geschirmten Bündel
mit je 5 Sternvierern $0,9 \text{ mm}^\varnothing$

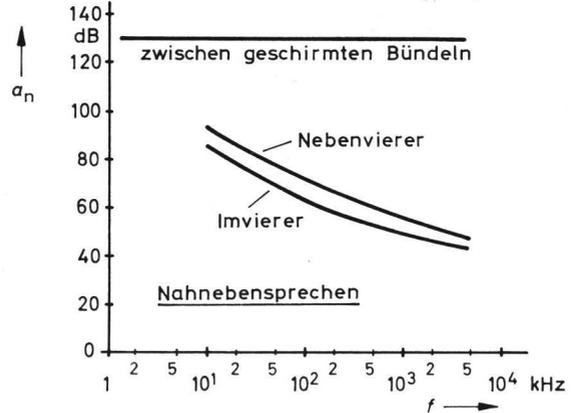
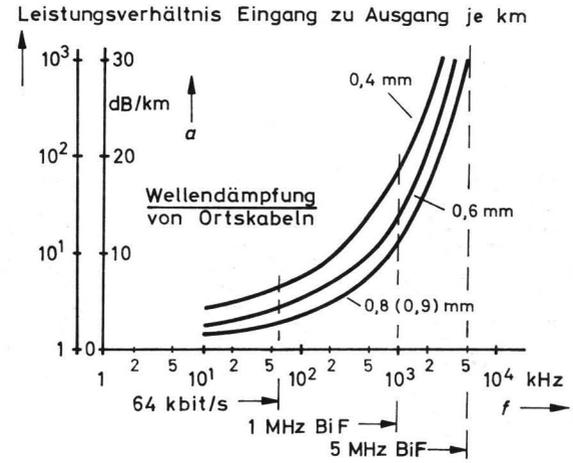
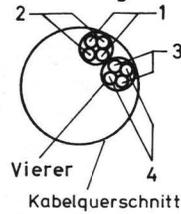
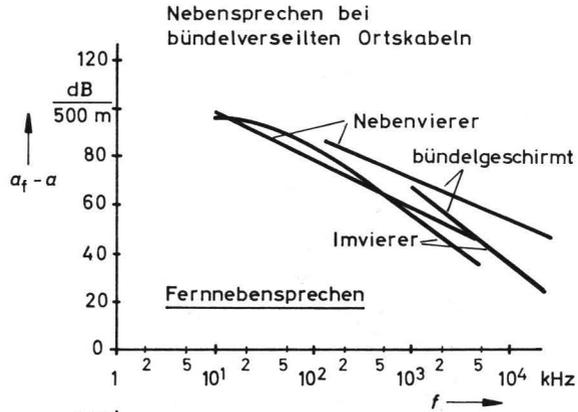


Koaxial-Fernkabel Form 24 f
mit $12 \times 1,2/4,4 \text{ mm}^\varnothing$



Koaxial-Fernkabel Form 32 c
mit $12 \times 2,6/9,5 \text{ mm}^\varnothing$

Bild 4.14 Zusammenstellung verschiedener Kabeltypen (Beispiele)



Imvierer :
z.B. Leitung 1 Leitung 2

Nebenvierer :
z.B. Leitung 1 Leitung 3

	Mögliche Verstärkerabstände in km bei Basisbandübertragung			
	Aderdurchmesser			
	0,4 mm	0,6 mm	0,8 mm	0,9 mm
64 kbit/s	~7,5	~12	~20	~22
BiF - 1MHz	~1,0	~1,6	~2,0	~2,2
BiF - 5MHz	~0,25	~0,37	~0,6	~0,65

Bild 4.15 Elektrische Eigenschaften der Ortskabel und Übertragungskapazität für Breitbandsignale

mehr bestimmend für den Verstärkerabstand. Auf solchen bündelgeschirmten Sternviererkabeln mit 0,9 mm Aderndurchmesser lassen sich dann etwa folgende Verstärkerabstände erreichen:

Basisbandübertragung

BiF-1 MHz ca. 4 km

BiF-5 MHz ca. 2 km

Digitalsignalübertragung

8,448 Mbit/s ca. 4 km

34,368 Mbit/s ca. 2 km

Koaxiale Kabel werden bei breitbandigen TF-Systemen des Fernnetzes eingesetzt. Die Koaxialleitung besteht ebenfalls aus zwei Leitern, wobei der eine Leiter als Draht den Innenleiter bildet, während der andere Leiter als Rohr isoliert um den Innenleiter gelegt ist. Dieser koaxiale Aufbau hat verschiedene Vorteile, die besonders bei höheren Frequenzen zum Tragen kommen:

- Die Koaxialleitung hat theoretisch kein Außenfeld, so daß zwischen den einzelnen Koaxialleitungen praktisch keine Kopplungen vorhanden sind. Die Nebensprechdämpfung ist deshalb hoch.
- Auf dem Außenleiter tritt zwar als Folge der Dämpfung ein Spannungsabfall auf, über den eine Kopplung zwischen den Leitungen besteht. Diese Kopplung wird aber um so schwächer, je höher die Frequenz wird. Durch Umwicklung der einzelnen Koaxialleitungen mit Eisenbändern kann diese Kopplung und damit das Nebensprechen bei tiefen Frequenzen noch weiter verringert werden.

Bei Koaxialkabeln sind deshalb die möglichen Verstärkerfeldlängen nicht durch das Nebensprechen begrenzt. Auch das Nahnebensprechen ist so gering, daß die Leitungen für beide Übertragungsrichtungen in einem Kabel nebeneinander liegen können.

Um bei den Koaxialkabel-TF-Systemen die untere Frequenzbandgrenze möglichst tief legen zu können, sind die im Fernnetz üblichen Koaxialleitungen 2,6/9,5 mm (Innenleiterdurchmesser/Innendurchmesser des Außenleiters) und 1,2/4,4 mm jeweils noch mit zwei Weich-eisenbändern umwickelt. Damit erreicht man untere Bandgrenzen von 60 kHz.

Es wurde bereits erwähnt, daß die möglichen Verstärkerfeldlängen durch die Kabeldämpfung begrenzt sind. Genauer muß man jedoch sagen, daß sie durch die Kabeldämpfung zusammen mit den technisch realisierbaren Verstärkereigenschaften begrenzt sind. Der Nutzpegel am Verstärkereingang kann nämlich nicht beliebig tief gelegt werden, weil ein Mindestabstand zum Wärmerauschen eingehalten werden muß, um die Gesamtgeräuschforderung zu erfüllen. Der Verstärker- Ausgangspegel ist um die Kabeldämpfung höher als der Eingangspegel des nächstfolgenden Verstärkers. Dieser Ausgangspegel läßt sich aber nicht beliebig erhöhen, weil, vor allem bei Fernspeisung, die zur Verfügung stehende Leistung die Aussteuerungsgrenze des Ver-

stärkers bestimmt. Hinzu kommen noch die nichtlinearen Verzerrungen des Verstärkers, die mit zunehmendem Pegel stark ansteigen und Klirrgeräusch verursachen. Diese Verzerrungen können auch nicht beliebig klein gemacht werden. Damit ergeben sich die in der Tabelle in Bild 4.16 angegebenen praktisch realisierten Verstärkerfeldlängen. Die Werte in Klammern werden nicht verwendet, weil das jeweils dünnere Koaxialpaar die wirtschaftlich günstigere Lösung bietet.

Es ist kaum üblich, Bewegtbildsignale in Basisbandlage über längere Strecken auf Koaxialleitungen zu übertragen, obwohl dies wegen der Dämpfung möglich sein müßte. Dies liegt daran, daß Störungen durch technischen Wechselstrom (50 Hz-Netz, 16 $\frac{2}{3}$ Hz-Bahnstrom) ins Kabel gelangen. Da das Spektrum des Bildsignals bis zu sehr tiefen Frequenzen reicht, liegen solche Störungen im Nutzband und stören das Bild. Für kurze Strecken werden manchmal elektronische Kompensationschaltungen verwendet, die derartige Störungen auf zulässige Werte herabdrücken.

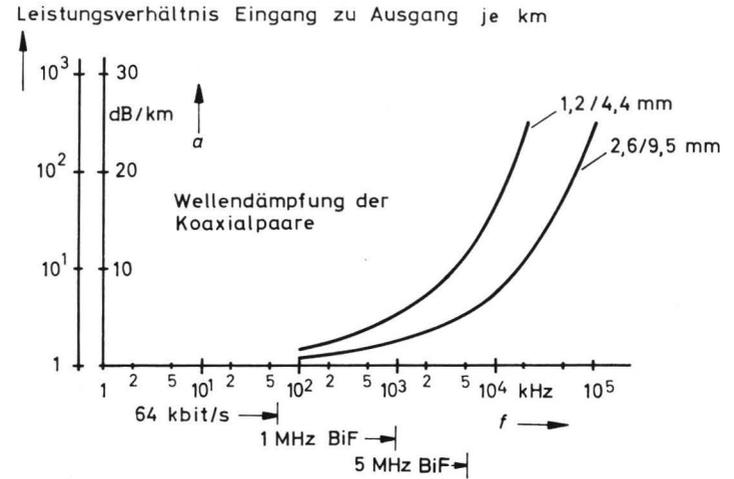
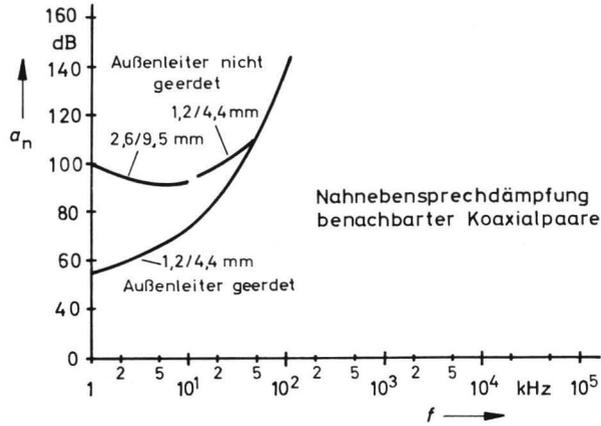
Bild 4.14 zeigt zwei Koaxialkabel mit jeweils 12 Koaxialpaaren 1,2/4,4 mm bzw. 2,6/9,5 mm. Die maximale Übertragungskapazität eines derartigen Kabels beträgt beim erstgenannten Kabel $6 \times 2700 = 16200$ Fernsprechanäle in beiden Übertragungsrichtungen. Beim Kabel mit 2,6/9,5 mm Koaxialpaaren ist sie $6 \times 10800 = 64800$ Fernsprechanäle in beiden Richtungen. Mit dem ersten Kabel können alternativ sechs 5MHz-BiF-Signale und 5400 Fernsprechanäle in jeder Richtung und beim zweiten Kabel 36 5MHz-BiF-Signale in jeder Richtung übertragen werden.

4.4.2 Hohlkabel

Hohlkabel bestehen im Prinzip aus einem Metallrohr. In diesem Rohr können sich Wellen ausbreiten, deren Wellenlänge gleich oder kürzer als der Durchmesser des Rohres ist. Dabei sind — mitunter auch gleichzeitig — verschiedene elektro-magnetische Schwingungsformen oder -moden möglich. Diese unterliegen unterschiedlichen Dämpfungen und Phasenlaufzeiten, so daß sie sich auf der Empfangsseite gegenseitig stören.

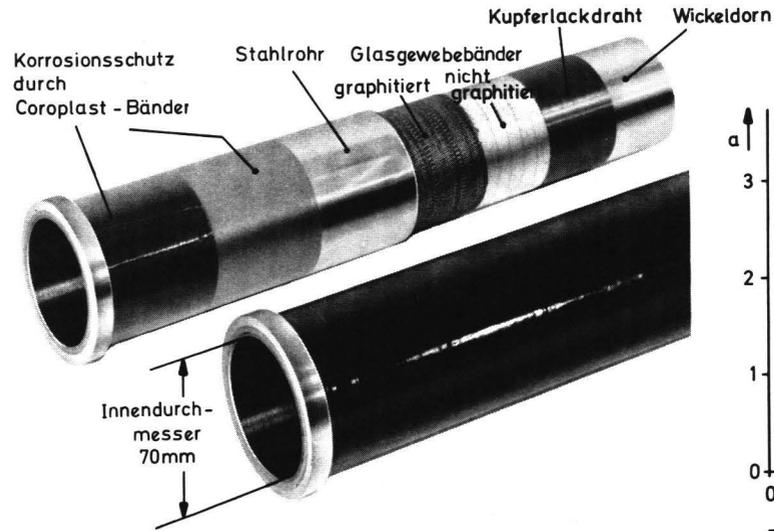
Man versucht deshalb, durch entsprechende Konstruktion des Rohres unerwünschte Schwingungsmoden zu unterdrücken. Bild 4.17 zeigt als Beispiel einen Wendelhohlleiter, bei dem die Innenwand des Rohres aus einem engliegenden Wendel aus lackiertem Kupferdraht besteht. Dadurch werden unerwünschte Wellentypen stark gedämpft.

Unerwünschte Wellentypen entstehen an allen Unregelmäßigkeiten des Querschnitts, wie Elliptizität, Knicke in der Führung, Achsversatz bei Verbindung von Fertigungslängen, innere Welligkeiten usw. Die unerwünschten Wellentypen entziehen der Hauptwelle Energie, die durch die starke Dämpfung in Wärme umgesetzt wird. Für die Hauptwelle bedeutet dies Zusatzdämpfung. Auf diese Weise entsteht der im Bild 4.17 dargestellte Dämpfungsverlauf. Bei dem gezeigten Wendelhohlleiter ergibt sich somit eine Nutzbandbreite von ca. 65 GHz ($65 \cdot 10^9$ Hz).



Übertragungskapazität			
	Verstärkerfeldlängen in km		
	2,6/9,5 mm	1,2/4,4 mm	
FDM	V 300	(18,6)	8
	V 960	(9,3)	4
	V2700	4,65	2
	V10800	1,55	—
TDM	PCM 120	(18,6)	(8)
	PCM480	(9,3)	4
	PCM1920	4,65	2
	PCM7680	1,55	—

19 Bild 4.16 Elektrische Eigenschaften der Koaxialkabel und Übertragungskapazität



Wendelhohlleiter zur Absorbition unerwünschter Wellentypen

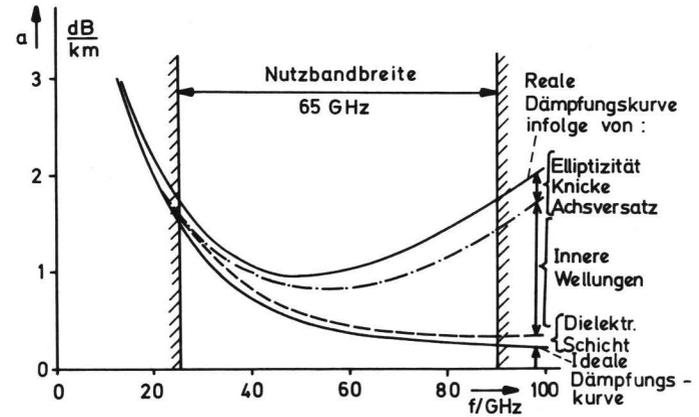
Annahmen zur Abschätzung der Übertragungskapazität:

Digitalsignal mit Vierphasenmodulation

1 bit / s pro 1,1 Hz Bandbreite

100 Träger moduliert mit je 565 Mbit / s

40 km - Verstärkerabstand



Dämpfung eines Hohlkabels

Übertragungskapazität :

768 000 Sprachkanäle (64 kbit / s)

6 400 Kanäle für BiF-1MHz

800 Kanäle für BiF-5MHz

Bild 4.17 Aufbau, Eigenschaften und Übertragungskapazität eines Hohlkabels

Wie aus dem Bild weiter zu entnehmen ist, hat ein solches Kabel eine enorm hohe Übertragungskapazität. Auch lassen sich Verstärkerabstände von bis zu 40 km verwirklichen. Der große Nachteil solcher Kabel sind aber die strengen Forderungen an das exakte Auslegen des Kabels. Der Hohlleiter muß genau gerade und bei Kurven nur mit sehr großem Biegeradius verlegt werden. Dabei müssen auch eventuelle Bodensenkungen und -verschiebungen berücksichtigt werden.

Hohlleiterstrecken für Weitverkehr gibt es bis jetzt nur im Versuchsbetrieb. Mit dieser Technik könnten sicher die nachrichtentechnischen Aufgaben der Zukunft gelöst werden, doch wird sich erst zeigen, ob diese Aufgabe nicht durch andere Mittel noch eleganter und wirtschaftlicher zu lösen ist.

4.4.3 Kryokabel

Kryokabel sind Koaxialkabel, die so tief abgekühlt sind, daß der Effekt der Supraleitung auftritt. Dabei verlieren die metallischen Leiter ihren elektrischen Widerstand. Das Resultat ist eine sehr niedrige Dämpfung, auch bei Frequenzen bis zu einigen Gigahertz. Es können deshalb auch mit sehr dünnen Koaxialpaaren Verstärkerabstände von 100 km und mehr erreicht werden (Bild 4.18).

Die notwendige Kühlung des Kabels bereitet jedoch einige Schwierigkeiten. Das Kabel muß nämlich so gut wärmeisoliert sein, daß es möglich ist, von End- bzw. Zwischenstellen aus den Kern des Kabels mit den Koaxialpaaren auf Temperaturen um -268°C abzukühlen. Bis jetzt gibt es hierzu einige Versuche und theoretische Arbeiten, die sehr erfolgversprechend zu sein scheinen.

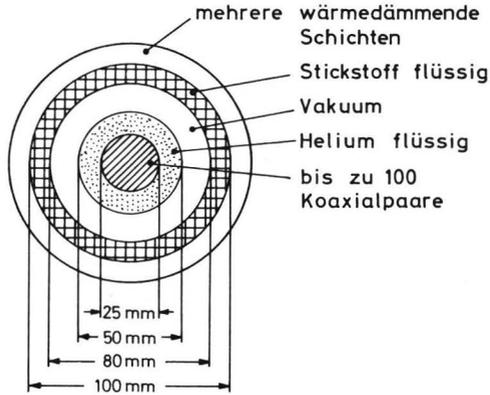
Wegen der geringen Dämpfung kann durch Doppelreflexion an Stoßstellen im Kabel ein hinter dem Nutzsignal herlaufender Nachhall entstehen, der die Übertragung stört. Es ist deshalb auf gute Reflexionsfreiheit zu achten, oder es sind Modulationsarten zu verwenden, die unempfindlich gegen diesen Nachhall sind (z. B. Digitalsignal mit Regenerierung).

Die zugehörigen breitbandigen übertragungstechnischen Endgeräte müßten ebenfalls erst entwickelt werden.

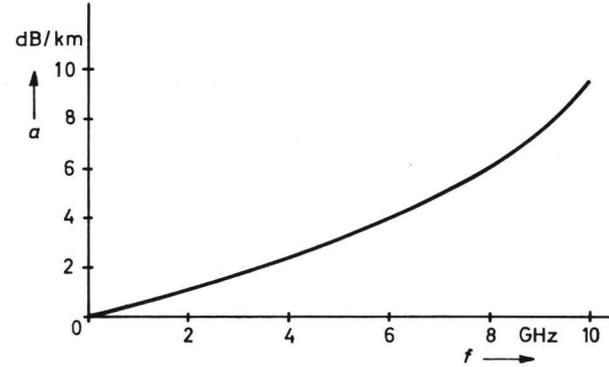
4.4.4 Glasfaserkabel

Bei der optischen Nachrichtenübertragung wird das Nutzsignal in Form eines Lichtstrahls im Innern einer dünnen Glasfaser geführt. Voraussetzung ist, daß die Faser aus einem extrem lichtdurchlässigen Glas besteht, um auf technisch verwertbare Verstärkerabstände zu kommen. In den letzten Jahren wurden bei der Entwicklung solcher Glassorten große Fortschritte erzielt.

Um den Lichtstrahl in der Faser zu führen, muß diese einen bestimmten Aufbau haben: Ein Kern aus einer Glassorte mit höherem Brechungsindex muß von einer Glassorte mit einem niedrigeren Brechungsindex umgeben sein. Dadurch wird der Lichtstrahl immer nach



Querschnitt eines supraleitenden Nachrichtenkabels (Vorschlag)



Typische Dämpfungskurve eines Koaxialpaares (Pb-FEP-Pb mit $d_a = 1,6 \text{ mm}$ und $d_i = 0,5 \text{ mm}$) bei $-268,8 \text{ °C}$

Übertragungskapazität pro Koaxialpaar:

200 MHz Bandbreite bei analoger Übertragung $\approx 32\,000$ Sprachkanäle oder 108 bzw. 18 Kanäle für BiF-1MHz bzw. BiF-5MHz
Typischer Verstärkerabstand infolge der geringen Dämpfung $\sim 500 \text{ km}$.

1 Gbit/s bei digitaler Übertragung $\approx 15\,000$ Sprachkanäle (64 kbit/s) oder 128 bzw. 16 Kanäle für BiF-1MHz bzw. BiF-5MHz
Typischer Verstärkerabstand infolge der geringen Dämpfung $\sim 100 \text{ km}$.

Bild 4.18 Supraleitende Koaxialkabel (Kryokabel)

— Aufbau, Eigenschaften und Übertragungskapazität —

innen abgelenkt und bleibt deshalb im Kern. Für die technische Realisierung gibt es verschiedene Möglichkeiten, wie aus Bild 4.19 zu ersehen ist.

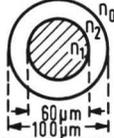
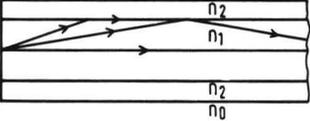
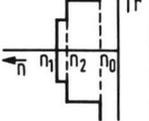
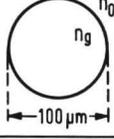
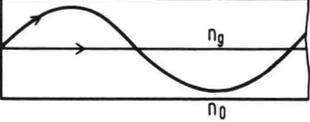
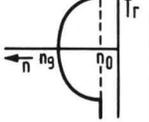
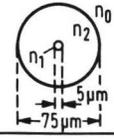
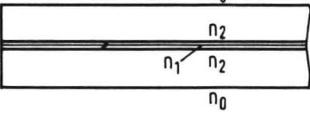
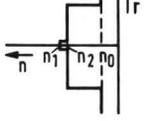
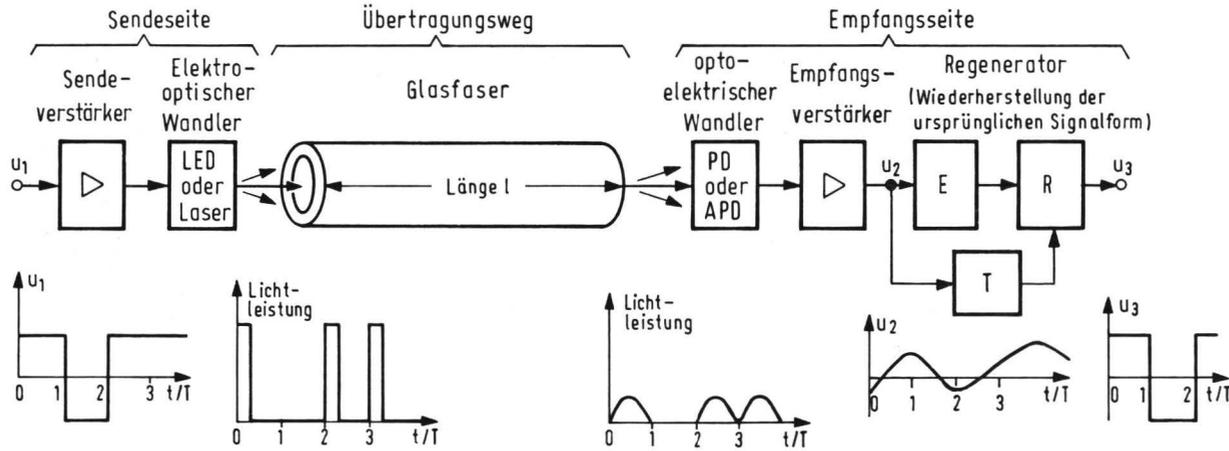
Lichtleitfaser	Querschnitt	Ausbreitung des Lichtstrahls	Brechungsindex
Kernfaser - Multimode			
Gradientenfaser			
Kernfaser - Monomode			

Bild 4.19 Aufbau und Wirkungsweise von Lichtleitfasern

Wenn der Kerndurchmesser groß gegenüber der Wellenlänge des verwendeten Lichtes ist, dann können sich viele Schwingungsformen in der Faser ausbilden, und man spricht von einer Multimodefaser. Ist der Durchmesser jedoch so klein, daß sich nur ein Wellentyp ausbilden kann, dann nennt man dies eine Monomodefaser. Die Monomodefaser hat eine vergleichsweise viel höhere Übertragungskapazität, weil sich die übertragenen Lichtimpulse nicht so verbreitern, wie dies bei der Multimodefaser durch die verschiedenen Wellentypen mit unterschiedlicher Laufzeit der Fall ist. Die Impulse lassen sich deshalb zeitlich viel enger packen, was eine höhere Übertragungskapazität bedeutet.

Die einzelnen Fasern werden mit einem Schutzmantel umgeben und zu einem Kabel vereinigt. Der Aufbau muß so gewählt werden, daß die Fasern keinen mechanischen Belastungen ausgesetzt sind. Das Kabel wird gewöhnlich noch einige Kupferadern für Dienstleitungen oder Fernspeisung der Zwischenverstärker enthalten.

Als weitere wesentliche Teile des Gesamtsystems sind neben den rein elektrischen Baugruppen noch die elektro-optischen Wandler an beiden Enden der Glasfaser zu nennen (Bild 4.20). Dabei treten weitere Probleme auf, deren Lösung noch nicht abgeschlossen ist. So soll die Lichteinkopplung aus dem Laser oder der Lichtemissionsdiode in die



Glasfaser	Mögliche Bitrate	Sendeelement + Leistung	Empfangelement + notw. Leist.	Koppelverluste	Faserdämpfung	Verstärkerfeldlänge
Multimode - Faser	bis $40 \frac{\text{Mbit}}{\text{s}}$	LED 1 mW	APD 10 nW	20 dB	$5 \frac{\text{dB}}{\text{km}}$	6 km
Gradienten - Faser	ca. $100 \frac{\text{Mbit}}{\text{s}}$	Laser 10 mW	APD 10 nW	12 dB	$8 \frac{\text{dB}}{\text{km}}$	6 km
Monomode - Faser	ca. $1000 \frac{\text{Mbit}}{\text{s}}$	Laser 10 mW	APD 10 nW	15 dB	$5 \frac{\text{dB}}{\text{km}}$	7 km

LED: Lichtemissionsdiode
 PD: Photodiode
 APD: Avalanche-Photodiode
 E: Leitungsentzerrer
 T: Schaltung zur Taktrückgewinnung
 R: Schaltung zur Signalregenerierung

Den Tabellenwerten zugrunde liegende Fehlerrate: 10^{-7}

Glasfaser mit hohem Wirkungsgrad statfinden, obwohl der Querschnitt der Faser so klein ist. Das gleiche gilt für die Lichtauskopplung am Ende der Faser. Ein ähnliches Problem tritt auf, wenn zwei Fasern miteinander verbunden werden sollen.

Bild 4.20 Aufbau eines Glasfaser-Systems und Übertragungskapazität

Trotz dieser noch offenen Punkte versprechen Glasfaserkabel ein neues Übertragungsmedium zu werden, mit dem sich breitbandige Signale wirtschaftlich auch über große Strecken übertragen lassen. Hinzu kommt auch, daß sich der Grundstoff Glas in beliebiger Menge produzieren läßt.

4.4.5 Richtfunk

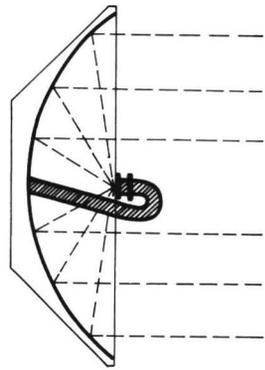
Den Richtfunkverbindungen kommt im heutigen Fernsprechnet der Deutschen Bundespost eine große Bedeutung zu. So sind ungefähr 40% der ca. 36 Millionen geschalteten Stromkreiskilometer in der mittleren und oberen Fernnetzebene auf Richtfunklinien geführt. Darüber hinaus werden zur Fernsehsignal-Übertragung zwischen den Studios, den Schaltstationen und den Rundstrahlern nahezu ausschließlich Richtfunk-Breitbandsysteme eingesetzt.

Unter Richtfunkverbindungen versteht man Systeme zur drahtlosen Nachrichtenübertragung im Frequenzbereich oberhalb 400 MHz bis zu etwa 40 GHz. Wie in den Bildern 4.10 und 4.12 schematisch dargestellt, werden die zu übertragenden Sprachsignale in den TF- bzw. PCM-Multiplexgeräten zunächst gebündelt und anschließend in den Richtfunkgeräten durch nochmalige Modulation und Mischung in die gewünschte Übertragungsfrequenzlage gebracht. Breitband-Bewegbilde signale führt man in die hinsichtlich der Bandbreite geeigneten TF- bzw. PCM-Systeme ein oder schaltet sie direkt zu den Eingängen der Richtfunkgeräte durch. Deren Ausgangssignale gelangen zu den Richtfunkantennen, welche die zu übermittelnde Information in Form von stark gebündelten elektro-magnetischen Wellen an das Übertragungsmedium Luft abgeben. Bild 4.21 zeigt drei wichtige Richtfunkantennentypen sowie deren prinzipielle Wirkungsweise. Die im Antennen-erregter entfachten elektro-magnetischen Wellen werden vom Antennenspiegel so reflektiert und gebündelt, daß die Sendeleistung über Entfernungen bis zu 50 km mit möglichst geringem Energieverlust zu einer in Sichtverbindung stehenden Empfangsantenne gelangt. Bei der Richtfunk-Streckenplanung (Bild 4.22) ist dabei insbesondere darauf zu achten, daß Reflexionen, Überreichweiten-Empfang und fremde Störsender nicht zu einer Beeinträchtigung der Signalqualität führen.

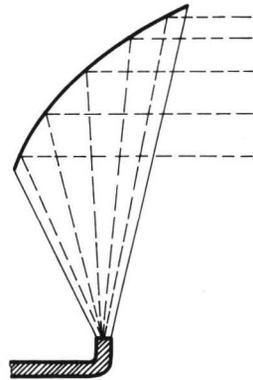
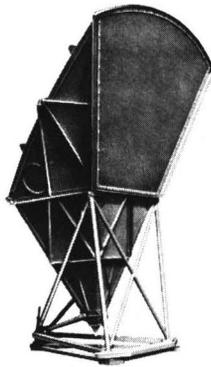
Grundsätzlich sind Richtfunk- und Trägerfrequenzkabel-Verbindungen von der Übertragungsgüte her als gleichwertige Medien zu betrachten. In vielen Fällen führen jedoch besondere Systemmerkmale zu einem vorteilhaften Einsatz von Richtfunkstrecken. Merkmale dieser Art sind:

- Möglichkeit der wirtschaftlichen Planung durch stufenweise Anpassung des Ausbau-Zustandes an den Verkehrsbedarf
- geringere Investitionskosten unter bestimmten Bedingungen
- kürzere Zeit für den Ausbau
- leichtere Überbrückung ungünstiger geo- bzw. topographischer Gelände-verhältnisse
- höhere Verfügbarkeit.

Parabol -
Antenne



Hornparabol -
Antenne



Muschel -
Antenne

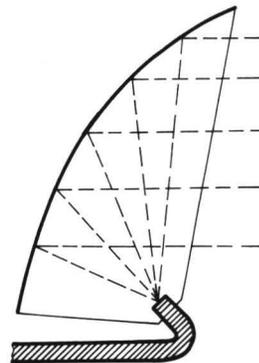
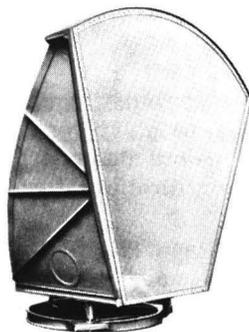


Bild 4.21 Zusammenstellung verschiedener Richtfunk-Antennentypen und prinzipielle Wirkungsweise

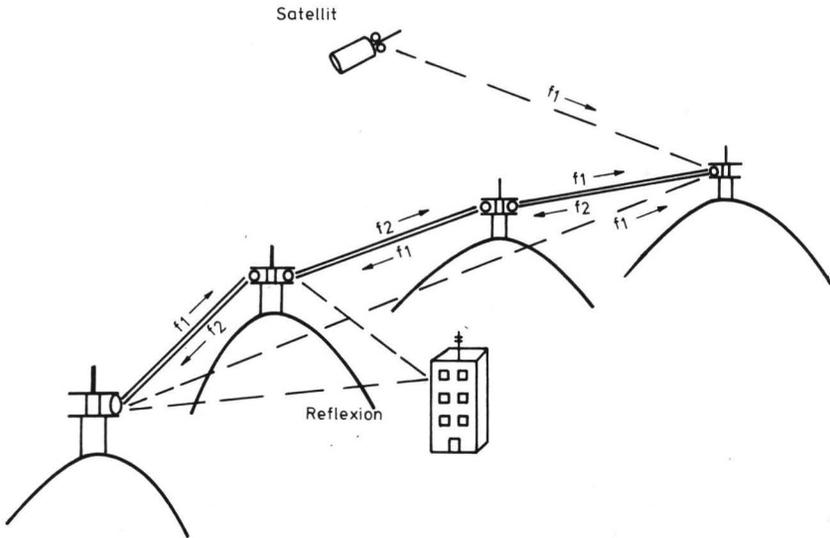


Bild 4.22 Richtfunk-Streckenplanung, Beispiele möglicher Störungen

Bei den Richtfunksystemen wird zwischen Schmalband- und Breitbandssystemen unterschieden. Auf Schmalbandsysteme mit einer Übertragungskapazität von 12 bis 300 Fernsprechanal-kanälen je Übertragungsfrequenzpaar soll hier nicht näher eingegangen werden, da diese für eine Bewegtbildkommunikation ungeeignet sind. Die heutigen analogen Richtfunk-Breitbandssysteme (Tabelle 4.23) haben eine Kapazität von 960 bis 2700 Sprachkanälen, wobei die 960- und 1800-Kanal-Systeme alternativ zur Übertragung eines TV-Signals einsetzbar sind. Es ist geplant, die 960-Kanal-Systeme auf lange Sicht durch 1800- und 2700-Kanal-Systeme zu ersetzen.

In vielen Ländern sind die klassischen Richtfunk-Frequenzbereiche von 400 MHz bis 11 GHz schon fast vollständig belegt. Bei der Erschließung neuer Richtfunk-Übertragungskapazität, die insbesondere durch die Einführung einer Bewegtbildkommunikation erforderlich wäre, ist man deshalb auf Frequenzbereiche oberhalb 11 GHz angewiesen. In diesem Falle muß die stark zunehmende „Regendämpfung“ (Bild 4.24) berücksichtigt werden, die eine erhebliche Verkürzung der Entfernungen zwischen den Relaisstationen notwendig macht. Wegen der somit höheren Zahl in Reihe geschalteter Relaisstellen in der Übertragungsstrecke ist die Anwendung geräuschakkumulierender analoger Modulationsverfahren in den Frequenzbereichen oberhalb 11 GHz für Breitbandssysteme nicht mehr zweckmäßig. Theoretische Untersuchungen und Erfahrungen an bereits realisierten Systemen zeigen jedoch, daß sich digitale Übertragungsverfahren für einen Einsatz unter diesen Bedingungen gut eignen. Der größere Bandbreite-

bedarf der PCM-Übertragungstechnik gegenüber analogen Übertragungsverfahren wird durch folgende Vorteile ausgeglichen:

- Erschließung der Frequenzen oberhalb 11 GHz durch die Regenerierfähigkeit der Signale
- hoher Ausnutzungsgrad bei Frequenz- und Netzplanung durch die geringe Störempfindlichkeit
- einfaches Gerätekonzept durch einen kompakten Aufbau mit Halbleitern kleiner Leistung und durch Antennendurchmesser von nur ca. 1 m
- vorteilhafter Einsatz bei Integration in einem digitalen Nachrichtennetz.

Bezeichnung des Richtfunk-systems	Anzahl der Kanäle für Fern-sprechen		Ersatz der Fernsprechk. d. BiF-		Radio-frequenz-bereich in MHz	Anzahl der parallel zu betr. Frequenz-paare
	Fern-sprechen	BiF-5 MHz	1 MHz	64 kbit/s -Kanäle		
FM 960-TV 1 900	960	—	3	80	1 700 – 2 100	6
	—	1	—	—		
FM 960-TV 3 700	960	—	3	80	3 600 – 3 800	3
	—	1	—	—		
FM 960-TV 4 000	960	—	3	80	3 800 – 4 200	6
	—	1	—	—		
FM-TV/13 000	—	1	—	—	12 611 – 12 989	28
FM 1 800 – 960- TV + TN/ 6 000	960	—	3	80	5 925 – 6 425	8
	1 800	—	6	150		
	—	1	—	—		
FM 300/1 800- TV/11 200	300	—	1	25	10 700 – 11 700	12 (24)
	960	—	3	80		
	1 800	—	6	150		
	—	1	—	—		
FM 2 700/ 6 700	2 700	—	9	225	6 430 – 7 110	8
	—	1	—	—		

Tabelle 4.23 Übertragungskapazität der wichtigsten analogen Richtfunk-Breitbandsysteme (Frequenzmodulation)

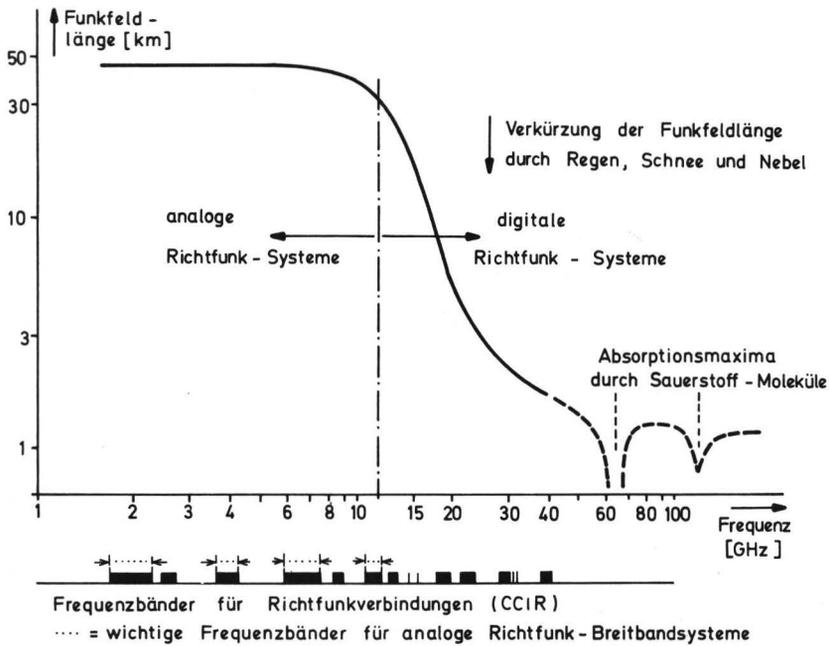


Bild 4.24 Funkfeldlängen von Richtfunkstrecken

In Tabelle 4.25 sind die derzeit im Gespräch bzw. bereits in Planung befindlichen digitalen Richtfunkssysteme zusammengestellt. Mit dem System PSK 1920 z. B., das im Radiofrequenzbereich 19/22 GHz be-

Bezeichnung des PCM-Richtfunk-systems	Anzahl der Fernsprechk. (64 kbit/s)	Anzahl der BiF-Kan. (5 MHz)	Anzahl der BiF-Kan. (1 MHz)	Funk-frequenzber. in GHz
PSK 120	120	—	1	~ 15
PSK 480	480	—	4	~ 13
PSK 1920	1920	2	16	~ 19/22

Tabelle 4.25 Übertragungskapazität zukünftiger digitaler Richtfunk-systeme

trieben würde, könnten bis zu 1920 Gesprächskanäle oder alternativ bei entsprechender Redundanz-Reduktion bis zu 2 bzw. 16 Bildfern-sprechsignale der 5- bzw. 1 MHz-Norm übertragen werden.

4.4.6 Nachrichtensatellit

In den letzten Jahren hat der Nachrichtensatellit als Übertragungs-medium für den internationalen Fernspreverkehr sowie für den Austausch von Fernsehprogrammen zwischen Ländern und Kontinenten zusehends an Bedeutung gewonnen. Diese Entwicklung ist

deutlich erkennbar an der jährlich steigenden Anzahl der in Erdumlaufbahn gebrachten Satelliten sowie in ihrer stark zunehmenden Kapazität an Fernsprechanälen.

Die in FDM- oder TDM-Systemen aufbereiteten Fernsprechsignale werden zusammen mit den Fernsehprogrammen den Erdefunkstellen (Bild 4.26) zugeführt, in eine für die Satellitenstrecke geeignete

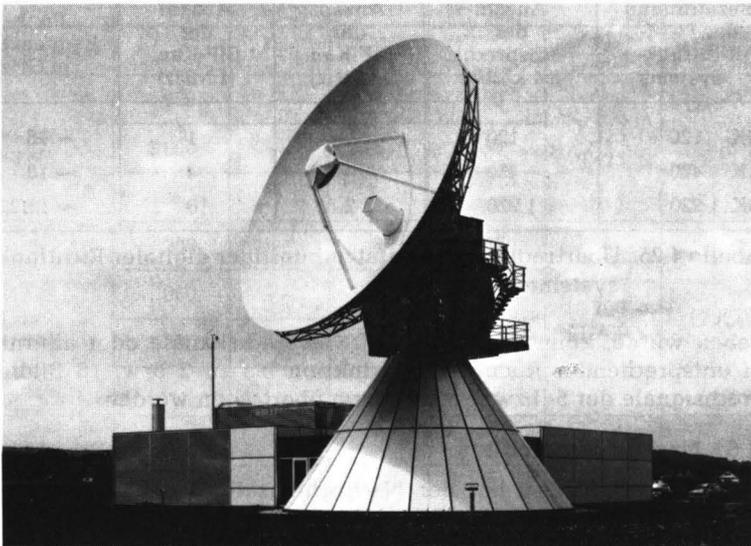
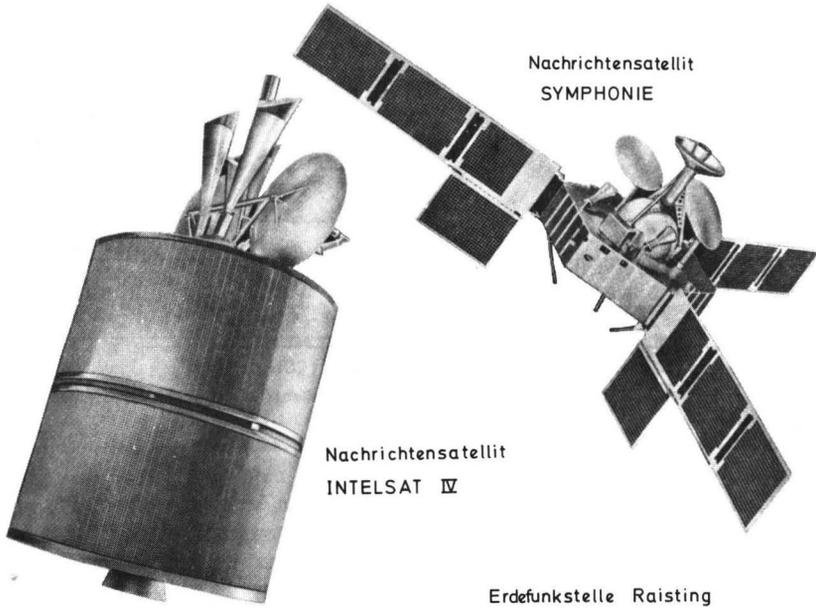
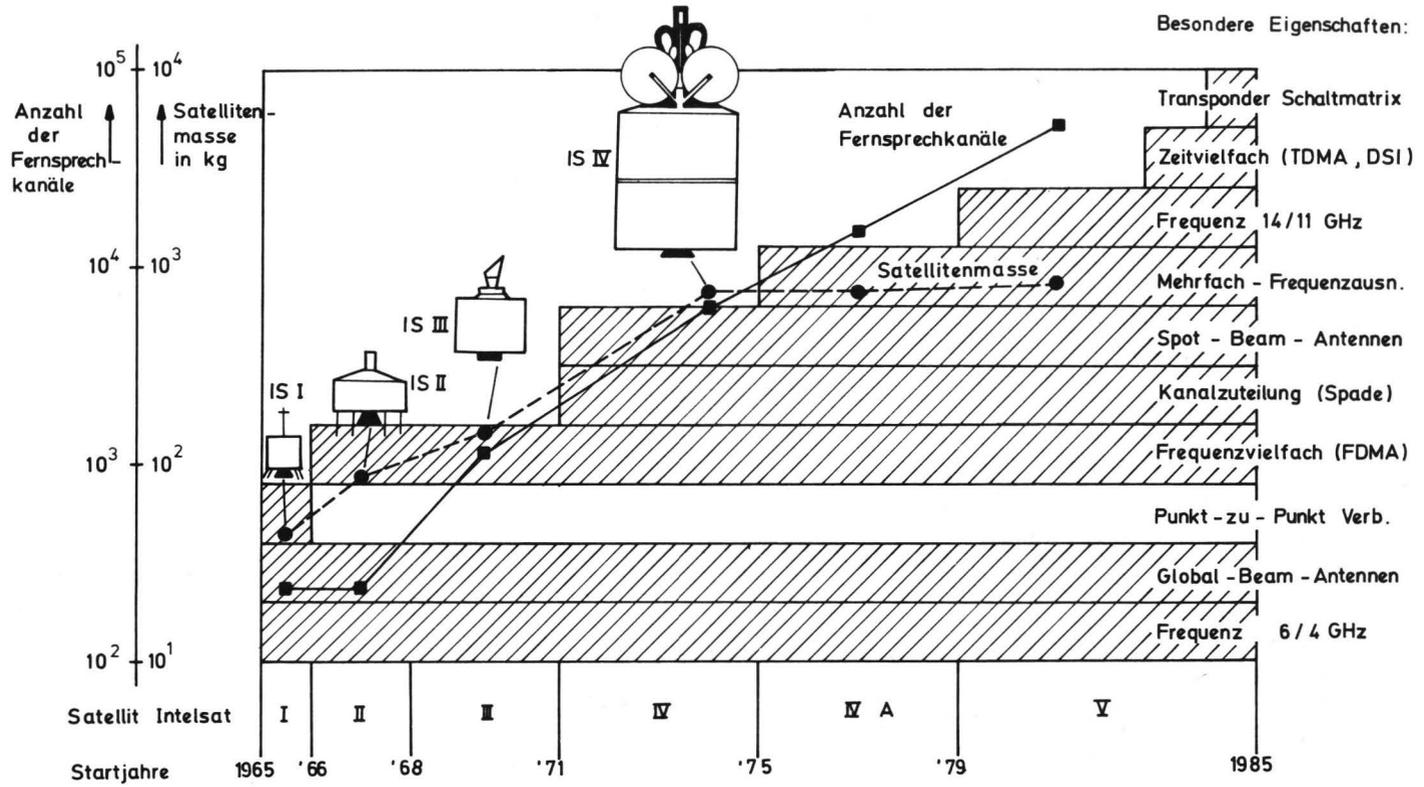


Bild 4.26 Satellitenbodenstation und Nachrichtensatelliten



73 Bild 4.27 Entwicklung der Satellitentechnik (z. B. Intelsat)

Modulationsart gebracht und durch scharf bündelnde Richtfunkantennen zum Satelliten übertragen. Die vom Satelliten empfangenen elektro-magnetischen Wellen werden im Transponder verstärkt, entzerrt, regeneriert, in eine andere Übertragungsfrequenzlage gebracht und über die Satellitenantennen zu den Erdefunkstellen weitergegeben.

Die stürmische Entwicklung der Satellitentechnik läßt sich am Beispiel der Intelsat-Satelliten (Bild 4.27) erläutern. Ausgehend von einer Kapazität von einigen hundert Fernsprechkkanälen bei Intelsat I und II in den Startjahren 1965 bis 1968 konnte bis zum heutigen Tag die Fernsprechkkanal-Kapazität bei etwa proportional zunehmender Satellitenmasse bis auf rund 8 000 Kanäle gesteigert werden. Sie soll in den nächsten Jahren durch Intelsat IV A und V bei etwa konstanter Satellitenmasse bis auf einige zehntausend Fernsprechkkanäle erhöht werden. Darüber hinaus wird daran gedacht, durch neue Systemmerkmale, wie z. B. Einsatz von Zeitvielfach-Zugriffsverfahren, Verwendung scharf bündelnder Antennen zur gezielten Ausleuchtung interessierender Gebiete, Einbau einer Transponder-Schaltmatrix zur zyklischen Verbindung der einzelnen Spot-Beam-Antennen usw., die Flexibilität des Nachrichtensatelliten zu erhöhen.

Trotz dieser enormen Steigerung der Kanalkapazität und des Gewinns an Flexibilität ist wegen des Mangels an zur Verfügung stehenden Frequenzbändern jedoch nicht an einen Einsatz in einem nationalen Netz für Bewegtbildkommunikation zu denken. Die Hauptanwendungsgebiete der Nachrichtensatelliten werden voraussichtlich der internationale Fernsprechverkehr und der Fernsehprogrammaustausch bleiben. Ihre Verwendung für einen nationalen Fernsehverteilungsdienst ist denkbar.

5 Netze zur Breitbandkommunikation

5.1 Anforderungen an das Netz

Zum Austausch von Nachrichten zwischen den geografisch getrennten Teilnehmern und Zentralen muß ein Netz von Übertragungswegen und Vermittlungseinrichtungen zur Verfügung stehen. Das Netz soll allen Anforderungen von Seiten der Teilnehmer und des Betreibers gerecht werden sowie die technischen und wirtschaftlichen Notwendigkeiten erfüllen, welche sich bei der Einführung und bei der Abwicklung der vorgesehenen Breitbanddienste ergeben.

Die geografische Struktur des Netzes ist vor allem durch die Zahl und die Verteilung der Teilnehmer sowie durch ihre unterschiedliche Beteiligung am Nachrichtenverkehr bestimmt. Weitere Anforderungen sind durch den Grad der Wirtschaftlichkeit einer Netzform, durch die Zuverlässigkeit der Verkehrswege und durch die besonderen Bedingungen bei der Einführung einer neuen Telekommunikationsform gegeben.

Die technische Ausführung des Netzes folgt aus der Betriebsabwicklung, aus der Art der notwendigen Nachrichtenkanäle, aus dem Umfang des Nachrichtenverkehrs und aus der geforderten Dienstgüte. Beim Bildfernsprechen ist durch den Anteil des Fernsprechens eine starke Bindung an das bestehende Fernsprechnet gegeben.

Im folgenden sind die wesentlichen Merkmale aufgeführt, welche die Anforderungen an das Breitbandvermittlungsnetz bestimmen.

5.1.1 Teilnehmerkategorien

In der Einführungsphase wird der Bedarf an Bildfernsprechen und verwandten Telekommunikationsformen vor allem von Teilnehmern in Nebenstellenanlagen ausgehen. Es erweist sich als zweckmäßig, die Teilnehmer nach Anschlußarten und Kategorien zu unterscheiden:

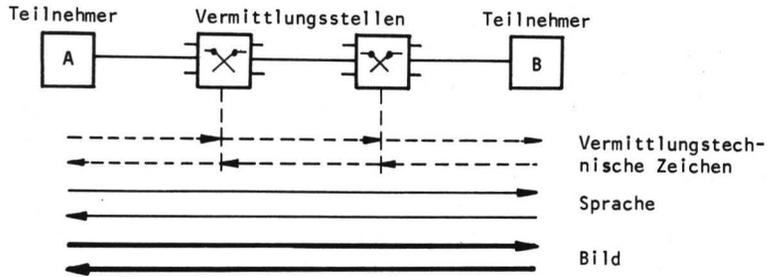
- Hauptanschluß von amtsberechtigten Gruppenteilnehmern in Nebenstellenanlagen
- Einzelanschluß von geschäftlichen Teilnehmern
- Einzelanschluß von privaten Teilnehmern

Diese drei Teilnehmerkategorien unterscheiden sich hinsichtlich des Bedürfnisses, der wirtschaftlichen Motivation und der Beteiligung am Gesamtverkehr. Daraus ist zu schließen, mit welchen Anteilen die Teilnehmer der verschiedenen Kategorien in den einzelnen Aufbauphasen eines Breitbandnetzes vertreten sein werden. Diese Überlegungen führen zu den in Abschnitt 5.1.4 beschriebenen Modellen.

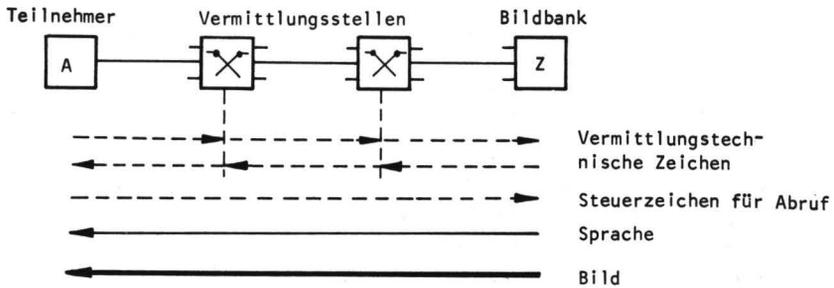
5.1.2 Zur Betriebsabwicklung erforderliche Nachrichtenkanäle

Für die Übertragung der Nachrichtenarten „Bild“, „Sprache“, „Vermittlungstechnische Zeichen“ und „Steuerzeichen“ müssen die in den

Bildern 5.1 a, b und c dargestellten Kanäle verfügbar sein. Es handelt sich um Funktionskanäle. Bei der Realisierung können diese Kanäle beispielsweise in der Zeit oder in der Frequenz gestaffelt in ein und demselben Übertragungsmedium zusammengefaßt sein.



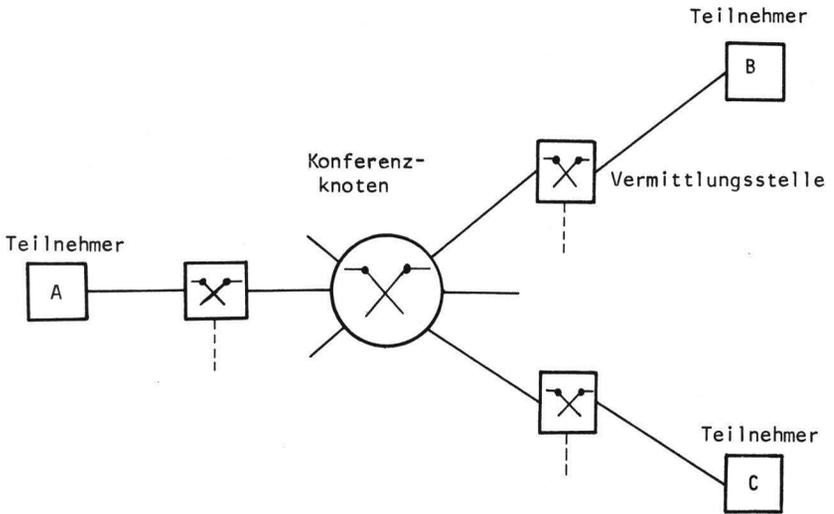
a) Bildfernsprechen



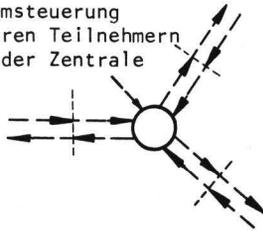
b) Bewegtbildabruf



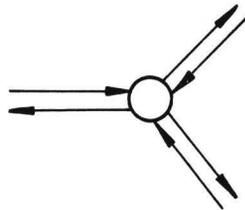
Bild 5.1 a, b Erforderliche Funktionskanäle für die Telekommunikationsformen Bildfernsprechen (a) und Bewegtbildabruf (b)



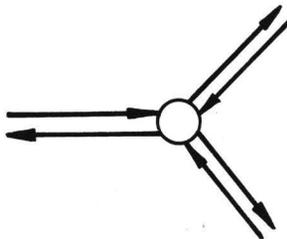
Zeichen für
Bildumsteuerung
(von anderen Teilnehmern
oder in der Zentrale
erzeugt)



Vermittlungstechnische
Zeichen und Steuer-
zeichen



Sprache



Bild

Bild 5.1 c Bei der Bildfernsprech-Konferenz erforderliche Funktionskanäle

In einer anderen Darstellung sind in Tabelle 5.2 die bei den einzelnen Telekommunikationsformen auftretenden Nachrichtenarten zusammengefaßt.

Telekommunikationsform Nachrichtenart	Bildfern- sprechen		Konferenz		Bewegt- bildabruf	
	ank.	abg.	ank.	abg.	ank.	abg.
Bild	X	X	X	X	X	
Sprache	X	X	X	X	X	
Vermittlungs- technische Zeichen	X	X	X	X	X	X
Steuerzeichen Bildabruf						X
Zeichen für Bildumsteuerung				X		

ank.: beim Teilnehmer ankommend

abg.: beim Teilnehmer abgehend

Tabelle 5.2 Art und Richtung der Nachrichten bei der Abwicklung der betrachteten Telekommunikationsformen

5.1.3 Verkehrswerte und Verkehrsstruktur

Eine Abschätzung des voraussichtlichen Verkehrs in Breitbandnetzen muß von der zu erwartenden Verhaltensweise der Teilnehmer bei der Nutzung ihrer Einrichtungen ausgehen. Als Vergleichsmaßstab können die beim Fernsprechen beobachteten Verkehrswerte dienen. Typische Planungswerte beim Fernsprechen sind:

- für Einzelteilnehmer 0,025 Erlang¹⁾
- für Nebenteilnehmer
(Gruppenteilnehmer) im Externverkehr 0,05 Erlang

Die geringere Zahl von Gesprächspartnern und die kostenbewußte Benutzung sind Argumente für einen geringeren Verkehr als beim Fernsprechen.

Andererseits trägt der Zeitbedarf für die Auswertung übertragener Unterlagen zur Erhöhung der Verkehrsmenge bei. Es ist außerdem zu erwarten, daß sich vornehmlich Benutzer zur Beteiligung am Bildfernsprechen entschließen, bei denen ein großer Bedarf für diese Telekommunikationsform besteht. Besonders beim Bewegtbildabruf können lange Benutzungsdauern auftreten. Daraus kann die Notwendigkeit nach einem weiteren Anschluß folgen.

¹⁾ Erlang ist die Einheit des Verkehrswertes und gibt die Auslastung einer fernmeldetechnischen Einrichtung in einem bestimmten Zeitintervall (z. B. pro Hauptverkehrsstunde) an.

Bei einheitlichen Annahmen für Bildfernsprechen, Bildfernsprech-Konferenz und Bewegtbildabruf wird von folgenden Planungswerten ausgegangen:

- Verkehrswert pro Einzelteilnehmer 0,01 Erlang
- Verkehrswert pro Teilnehmer
in Nebenstellenanlagen (Gruppenteilnehmer) 0,05 Erlang
- Mittlere Belegungsdauer 180 s

Im Bild 5.3 sind diese Planungswerte sowie differenziertere Angaben für die verschiedenen Telekommunikationsformen dargestellt.

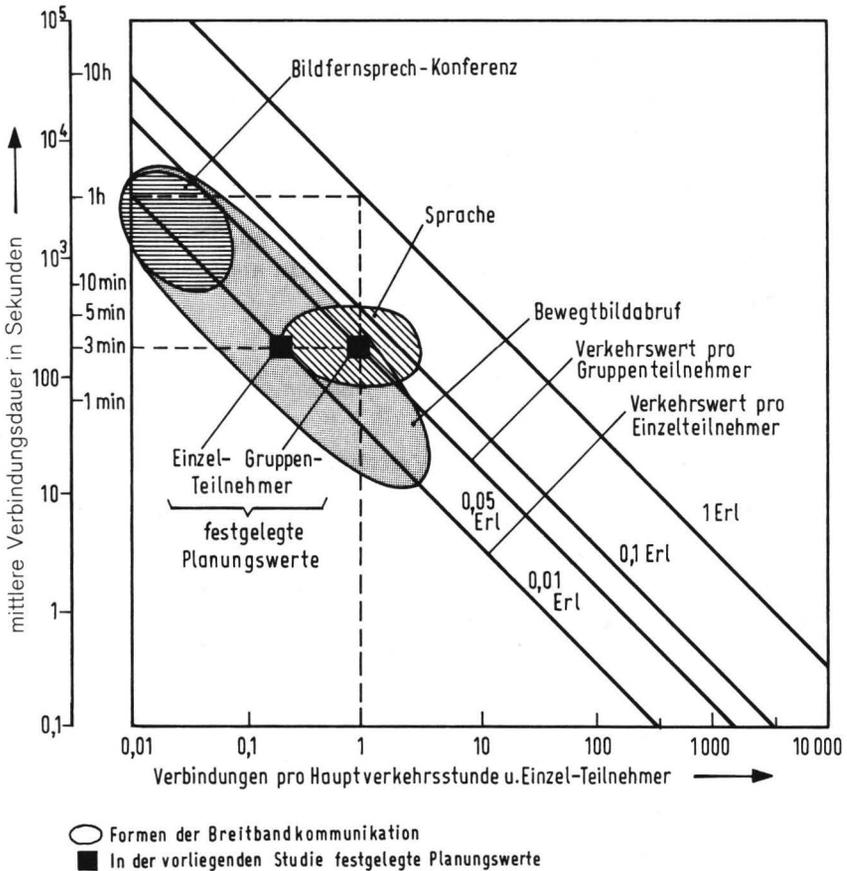


Bild 5.3 Verkehrswerte für Sprache und verschiedene Formen der Breitbandkommunikation. (Die Angaben beruhen auf Schätzungen)

Ein einheitlicher Planungsansatz für die geographische Verkehrsstruktur im Ausbaugrad III geht aus Bild 5.4 hervor.

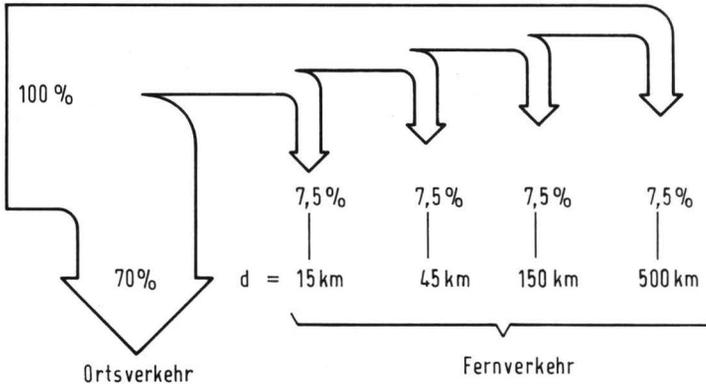


Bild 5.4 Für die Studie angenommene Aufteilung des Gesamtverkehrs in Entfernungszonen im Ausbaugrad III („d“ ist die mittlere Entfernung auf dem Netzweg zwischen den Vermittlungsstellen bei Vollversorgung)

Als Bemessungsgrundlage für die Abwicklung des zufallsabhängigen Verkehrs sollen die in der folgenden Übersicht angegebenen Verlustwahrscheinlichkeiten p angesetzt werden:

Anschlußleitungen zu Nebenstellenanlagen	$p = 5 \%$
Ortsvermittlungseinrichtungen	$p = 1 \%$
Fernvermittlungseinrichtungen	$p = 0,1 \%$
Fernleitungen	$p = 0,1 \%$

5.1.4 Anzahl und geographische Verteilung der Teilnehmer

Als Planungsgrundlage werden drei Fälle des möglichen Ausbaustandes eines vermittelten Breitbandnetzes betrachtet, die jeweils von einem Teilnehmerbestand von 0,1%, 1% und 10% von angenommen insgesamt 15 Millionen Fernsprechstellen ausgehen. Tabelle 5.5 zeigt die drei Ausbaugrade und die angenommene Aufteilung in Einzel- und Gruppenteilnehmer. Bei der Netzplanung sind Erweiterungsmöglichkeiten vorzusehen.

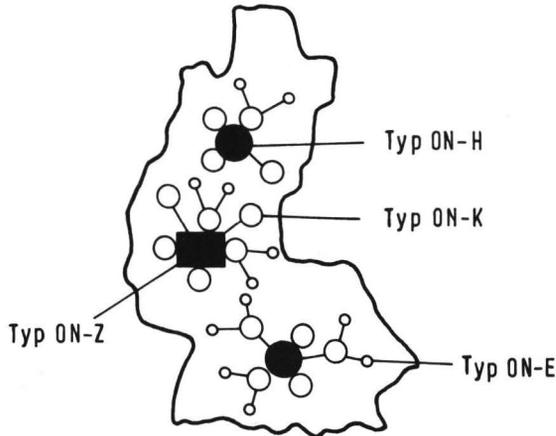
Ausbaugrad	I (0,1 %)	II (1 %)	III (10 %)
Bildfernsprechstellen	15 000	150 000	1 500 000
davon Gruppenteilnehmer	15 000	75 000	500 000
davon Einzelteilnehmer	—	75 000	1 000 000
Flächenversorgungsgrad	Teilbereiche	Teilbereiche	Voller Bereich

Tabelle 5.5 Annahmen zur Teilnehmeranzahl und zur Aufteilung in Gruppenteilnehmer (amtsberechtigte Teilnehmer in Nebenstellenanlagen) und Einzelteilnehmer

Der wesentliche Anteil von Gruppenteilnehmern in den Fällen I und II folgt aus der Annahme, daß die Verbreitung des Bildfern-sprechens von Nebenstellenanlagen ausgeht.

Wegen der unterschiedlichen geographischen Verteilung der Teilnehmer erfolgt in den Fällen I und II nur eine Teilversorgung für Ballungsgebiete. Der Fall III ermöglicht eine volle Flächenversorgung. Die Versorgungsbereiche (Ortsnetze) sind in Bild 5.6 schematisch dargestellt. Das Planungsmodell lehnt sich näherungsweise an das bestehende hierarchische Fernsprechnetz an. Zur Zeit existieren in der Bundesrepublik 8 Zentralvermittlungsstellen. Bei der Planung eines Breitbandnetzes wird davon ausgegangen, daß in Zukunft 9 Zentralvermittlungsstellen verfügbar sind. Der Fall I enthält nur Versorgungsbereiche vom Typ ON-Z und ON-H, im Fall II kommen Versorgungsbereiche vom Typ ON-K und im Fall III vom Typ ON-E hinzu (Abkürzungen siehe Bild 5.6).

Die mögliche Lage der Versorgungsbereiche vom Typ ON-Z und ON-H zeigt Bild 5.7 am Beispiel der Fernsprech-Landesfernwahl.



Ausbaugrad	I (0,1 %)	II (1 %)	III (10 %)
Typ ON-Z, 20 km × 20 km	9	9	9
Typ ON-H, 12 km × 12 km	55	55	55
Typ ON-K, 8 km × 8 km	—	400	400
Typ ON-E, 5 km × 5 km	—	—	3 300
Anzahl Versorgungsbereiche	64	464	3 764

- ON-Z Breitband-Ortsnetz am Ort einer Zentralvermittlungsstelle
- ON-H Breitband-Ortsnetz am Ort einer Hauptvermittlungsstelle
- ON-K Breitband-Ortsnetz am Ort einer Knotenvermittlungsstelle
- ON-E Breitband-Ortsnetz am Ort einer Endvermittlungsstelle

Bild 5.6 Planungsmodell — Art und Anzahl der Versorgungsbereiche (Ortsnetze) bei verschiedenem Ausbaugrad

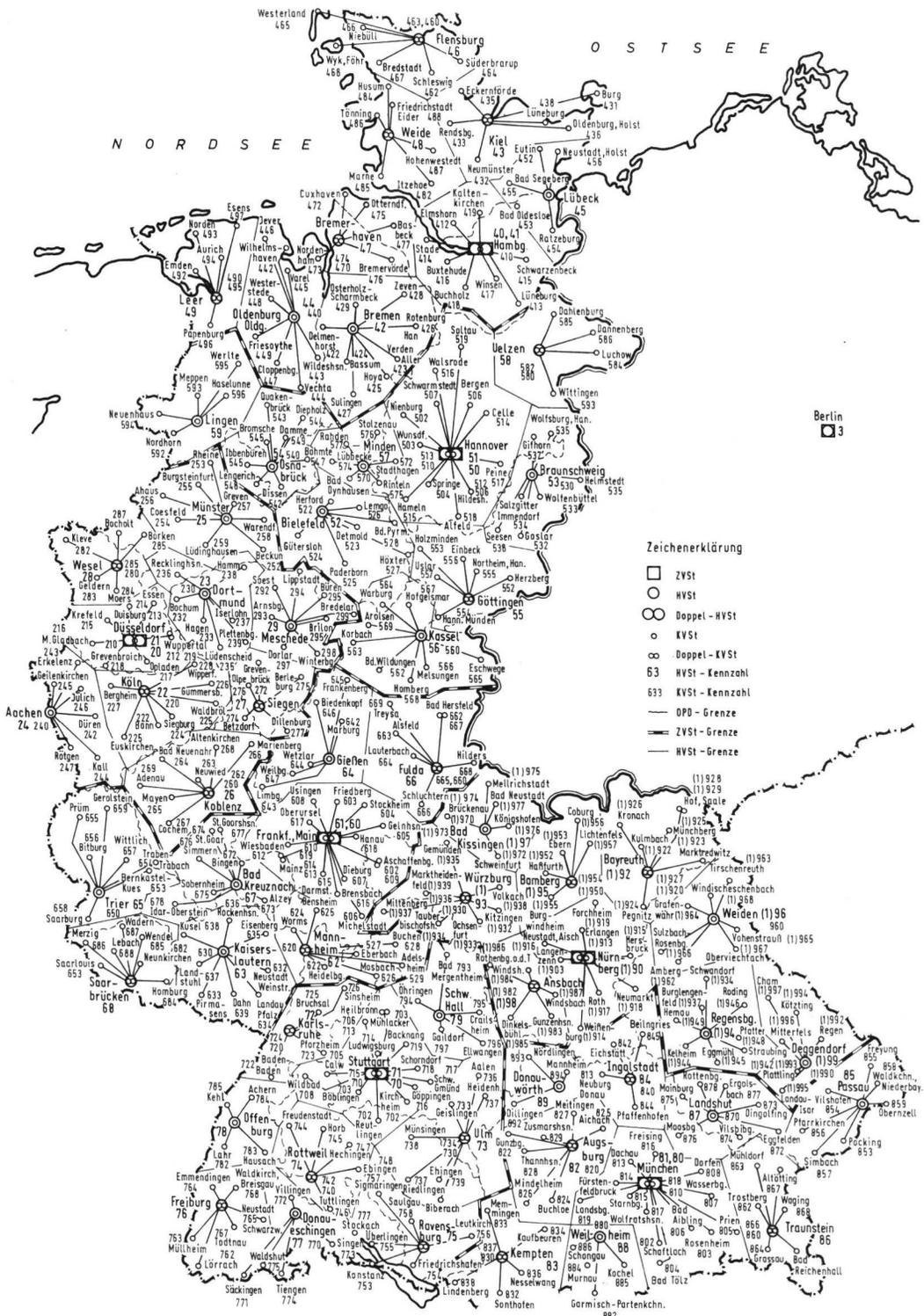


Bild 5.7 Planungsmodell — Lage der Ballungsgebiete mit Versorgungsbereichen vom Typ ON-Z und ON-H in Orten mit Fernsprech-Hauptvermittlungsstellen

Die Zahl der Teilnehmer, die bei verschiedenem Ausbaugrad auf einen Versorgungsbereich entfällt, ist in Tabelle 5.8 angegeben.

Versorgungsbereich \ Ausbaugrad		I (0,1 ‰)	II (1 ‰)	III (10 ‰)
Typ ON-Z (Anzahl: 9)	Gr	8 000	30 000	200 000
	E	—	30 000	400 000
	je V	889	6 667	66 667
Typ ON-H (Anzahl: 55)	Gr	7 000	25 000	100 000
	E	—	25 000	200 000
	je V	127	909	5 455
Typ ON-K (Anzahl: 400)	Gr	—	20 000	100 000
	E	—	20 000	200 000
	je V	—	100	750
Typ ON-E (Anzahl: 3 300)	Gr	—	—	100 000
	E	—	—	200 000
	je V	—	—	91
Summe Gruppenteilnehmer		15 000	75 000	500 000
Summe Einzelteilnehmer		—	75 000	1 000 000
Summe Teilnehmer		15 000	150 000	1 500 000

Gr Gruppenteilnehmer
 E Einzelteilnehmer
 V Versorgungsbereich

Tabelle 5.8 Planungsmodell — Anzahl der Teilnehmer, aufgeteilt nach Versorgungsbereichtstypen und Teilnehmerkategorien

5.1.5 Spezielle Anforderungen im Vergleich zum Fernsprechnet

Die Betriebsgüte des Breitbandnetzes soll den Maßstäben des existierenden Fernsprechnetzes entsprechen. Der Ausfall von Netzausläufern einschließlich Teilnehmereinrichtungen soll keinen Ausfall in größeren Teilen des Netzes verursachen können. Beim Ausfall des Breitbandkanals soll nach Möglichkeit der Sprachkanal nicht zwangsläufig mit ausfallen. Die Einführung des Bildfernprechens soll die Dienstgüte des bestehenden Fernsprechdienstes nicht beeinträchtigen.

5.2 Allgemeine Strukturen und Eigenschaften von Telekommunikationsnetzen

5.2.1 Klassifizierung von Netzstrukturen

Unter einem Telekommunikationsnetz wird ein Nachrichtennetz verstanden, welches Teilnehmereinrichtungen, Übertragungswege und Vermittlungseinrichtungen umfaßt. Im allgemeinen besteht es aus mehreren Netzebenen, wobei die Ebenen verschiedene Strukturen besitzen können. Nach der Graphentheorie kann die Struktur einer Netzebene durch einen sogenannten Graphen mit Knoten und Kanten als Strukturelemente dargestellt werden. Teilnehmer-Endstellen, Verzweigungs- und Vermittlungsstellen sowie Übergabestellen in andere Netzebenen werden dabei als Knoten, die Verbindungen dieser Knoten als Kanten dargestellt. Eine Kante repräsentiert eine Nachrichtenverbindung und kann aus einer Leitung, einem Leitungsbündel, einer Punkt-zu-Punkt-Funkverbindung oder aus einem Bündel von Multiplexkanälen bei Mehrfachausnutzung der Leitung bzw. Funkverbindung bestehen.

Mögliche Netzstrukturen lassen sich anhand ihres Graphen grob klassifizieren in Maschennetze und Verzweigungsnetze. Ein vermaschtes Netz ist dadurch gekennzeichnet, daß sein Graph mindestens eine Masche, d. h. eine Folge von Kanten enthält, bei welcher Ausgangs- und Endknoten zusammenfallen.

In Bild 5.9 sind die Graphen von 5 Grundstrukturen dargestellt, und zwar für das vollvermaschte Netz, das Ringnetz, das Verzweigungsnetz, das Baumnetz und das Sternnetz. Das vollvermaschte Netz und das Ringnetz sind Sonderfälle des allgemeinen Maschennetzes. Baumnetz und Sternnetz sind Sonderfälle des Verzweigungsnetzes.

Bei gleichförmiger Verteilung von n Knoten in einem Quadrat der Seitenlänge s beläuft sich (unter Voraussetzung der in Städten meist anzutreffenden orthogonalen Kabelführung) die gesamte Länge l_K der erforderlichen Kabelgräben bzw. die gesamte Leitungslänge (Kantenlänge) l_L abhängig vom Netztyp auf die im Bild 5.10 angegebenen Minimalwerte.

5.2.2 Eigenschaften von Netzen

Für den wechselseitigen, individuellen Austausch von Nachrichten zwischen zwei Breitbandteilnehmern müssen Netze aus Übertragungswegen und Vermittlungseinrichtungen zur Verfügung gestellt werden. Dabei sind unter Berücksichtigung der technischen und wirtschaftlichen Anforderungen unterschiedliche Möglichkeiten zur Bildung von Netzen denkbar. Zur Beurteilung dieser Netze werden u. a. folgende Kriterien herangezogen:

○ Vermittlungsmodus

Zentrales oder dezentrales Steuern und Überwachen der Verkehrsbeziehungen im Netz (Verbindungsaufbau und -abbau, Gebührenerfassung usw.)

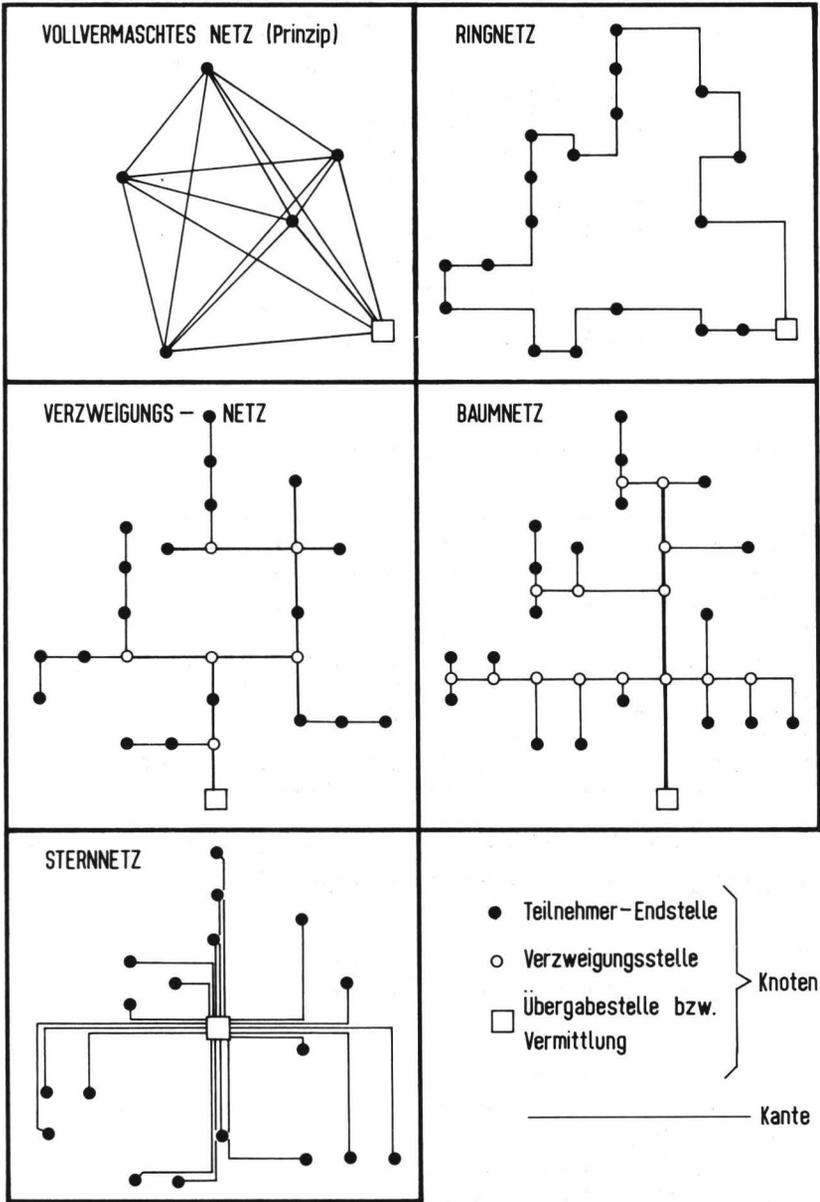
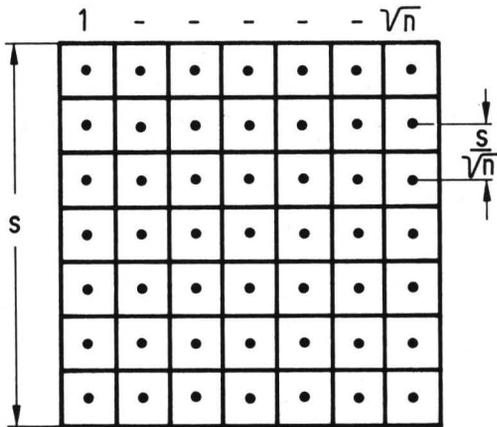


Bild 5.9 Beispiele von Netzstrukturen

a) Modell für die Anordnung der Knoten



b) Ergebnisse bei rechtwinkliger Trassenführung

Netztyp	l_K	l_L
Vollvermaschtes Netz	$2(\sqrt{n}-1)s$	$0,26n^2s$ ($n \geq 25$)
Ringnetz	$(\sqrt{n}-\frac{1}{\sqrt{n}})s$	$\sqrt{n}s$ bzw. $(\sqrt{n}+\frac{1}{\sqrt{n}})s$ *)
Verzweigungsnetz	$(\sqrt{n}-\frac{1}{\sqrt{n}})s$	$(\sqrt{n}-\frac{1}{\sqrt{n}})s$
Sternnetz	$(\sqrt{n}-\frac{1}{\sqrt{n}})s$	$0,5ns$ bzw. $0,5(n-1)s$ *)

n : Anzahl der in einem Quadrat der Seitenlänge s gleichmäßig verteilten Knoten

*) Formel gilt für \sqrt{n} = gerade bzw. ungerade Zahl

Bild 5.10 Kabelgrabenlänge l_K und Leitungslänge l_L verschiedener Netztypen (orthogonale Kabelführung)

○ Übertragungsmodus

Art der Nachrichtenübertragung auf den Verbindungswegen des Netzes bezüglich

- Signalform (analog oder digital),
- Multiplexbildung (Frequenzmultiplex [FDM], Zeitmultiplex [TDM], Codemultiplex [CDM]),
- Bandbreite des Signals (Redundanzreduktion)

○ Integration

Es sind drei Integrationsstufen zu unterscheiden:

- die übertragungstechnische Integration verschiedener Dienste im Leitungsnetz,
- die Integration von Teilen der technischen Einrichtungen für Vermittlung und Übertragung bezüglich eines oder mehrerer Dienste bzw. Telekommunikationsformen. Sie wird als IST (integrated switching and transmission) bezeichnet,
- die Integration aller Dienste bzw. Telekommunikationsformen in einem Netz.
(ISDN: integrated services digital network)

Mischformen sind denkbar.

○ Kompatibilität (Verträglichkeit)

Hierbei ist zu unterscheiden zwischen der Kompatibilität neuer technischer Lösungen zum bestehenden Fernmeldenetz und zu den betrieblichen Strukturen der Fernmeldeverwaltungen.

○ Erweiterbarkeit

macht eine Aussage über die Flexibilität der Anpassung eines Netzes an wachsende Teilnehmerzahlen, neue Telekommunikationsformen und veränderte geographische Verteilung der Teilnehmer.

○ Zuverlässigkeit

gibt die Betriebssicherheit eines Fernmeldedienstes an. In diese Betriebssicherheit gehen zentrale und dezentrale Netzkomponenten, multipliziert mit ihrer jeweiligen Fehlerwirkbreite, ein. Beispielsweise stört

- der Ausfall eines Teilnehmergerätes einen Teilnehmer,
- der Ausfall einer Vermittlungsstelle sämtliche daran angeschlossenen Teilnehmer,
- der Ausfall der Netzsynchronisation in digitalen Netzen sämtliche Teilnehmer dieses Netzes.

○ Autarkie

drückt die Unabhängigkeit eines Netzes von anderen Hilfskomponenten aus, z. B. die Unabhängigkeit vom Stromversorgungsnetz oder die zeitweilige Unabhängigkeit von Bedien- und Wartungspersonal durch rechnergesteuerte Betriebsunterhaltung. Notruf und Sicherheitsbelange erfordern ein Netz mit hinreichender Autarkie.

○ **Netzführung und -betrieb**
(Network management)

bedeutet die Summe aller Aktivitäten, die zur Lenkung des Vorhabens in einem Netz und zur Abwicklung des Betriebes erforderlich sind.

○ **Wartungsfreundlichkeit**

wird beeinflusst vom Aufwand für die Fehlerlokalisierung, die Fehlerbeseitigung und die Lagerung von Ersatzkomponenten.

○ **Abhörsicherheit**

kennzeichnet die Sicherheit eines Netzes zur Wahrung des Fernmeldegeheimnisses.

Prinzipiell läßt sich die Vermittlungsfunktion entweder zentral oder dezentral anordnen:

- Bei einer zentralen Vermittlung bedient eine räumlich konzentriert angeordnete Vermittlungsstelle alle Teilnehmer eines Versorgungsbereichs.
- Bei einer dezentralen Vermittlung wirken mehrere über den Versorgungsbereich angeordnete Vermittlungseinrichtungen zusammen. Die Vermittlungsfunktion wird im wesentlichen durch eine bei jedem Teilnehmer angeordnete Teilnehmerschaltung wahrgenommen.

Die folgenden Kapitel dieses Berichtes behandeln Netzmodelle mit zentraler und dezentraler Vermittlung. Nachdem beide Vermittlungsprinzipien zu Netzen führen, welche die obigen Anforderungen unterschiedlich erfüllen, werden ihre Eigenschaften in Tabelle 5.11 gegenübergestellt. Dabei wird davon ausgegangen, daß die dezentrale Vermittlung auf das Ortsnetz beschränkt bleibt.

5.2.3 **Vollvermaschtes Netz**

Das vollvermaschte Netz ist ein Extremfall, der nach Bild 5.10 einen wesentlich größeren Aufwand an Kabelschächten und Leitungen als die anderen Grundstrukturen nach Bild 5.9 erfordert. Unter normalen Bedingungen, d. h. ohne Unterbrechungen, ist keine Leitweglenkung bzw. Vermittlung erforderlich, da zwischen jedem Knotenpaar eine Leitungs- bzw. Funkverbindung besteht. Im Falle einer Teilnehmer-netzebene mit Teilnehmer-Endstellen als Knoten bedeutet das eine sehr schwache zeitliche Ausnutzung der Verbindungen. Ein vollvermaschtes Netz in der Teilnehmernetzebene ist daher allgemein zu aufwendig. Im bestehenden Fernmeldenetz sind die Weitverkehrsebene und teilweise die Nahverkehrsebene als Maschennetz ausgebildet. In diesem Maschennetz ist jedoch der Verkehr auf den Verbindungen zwischen den Vermittlungsstellen bereits stark konzentriert.

Eine Rechtfertigung für ein vollvermaschtes Netz ist ggf. seine geringe Störanfälligkeit bei Leitungsunterbrechungen. Es muß jedoch beachtet werden, daß bei Ausnutzung dieses Vorteils eine Leitweglenkung erforderlich ist, die zu komplexen Steuerungsaufgaben führen kann.

Zentrale Vermittlung (räumlich konzentrierte Vermittlungsfunktion)	Dezentrale Vermittlung (räumlich auf Teilnehmer- und Vorfeldeinrichtungen verteilte Vermittlungsfunktion)
1. Netzstruktur Stern-/Maschennetz in Fortentwicklung bestehender Netze	Verzweigungs- oder Ringnetz, aus Kommunikationsinseln heraus entstehend
2. Übertragung Analog oder digital. In der Regel keine Vielfachausnutzung der Teilnehmeranschlußleitung für breitbandige Signale	Eigentlich digital. Vielfachausgenutzter Breitbandpfad bis zum Teilnehmer
3. Integration Bei Breitbanddiensten bis zum Teilnehmer nur übertragungstechnische Integration. In den höheren Netzebenen ist vollintegriertes Netz möglich	Wegen Breitbandpfad und Digitalisierung ist Integration von Technik und Diensten bis zum Teilnehmer möglich
4. Kompatibilität (Verträglichkeit) zu bestehenden Netzen Keine Anpassungsschwierigkeiten	Übergang auf Netze mit zentralen Vermittlungen erfordern Übergangseinrichtungen
5. Erweiterbarkeit innerhalb der Planungsgrenzen Beschaltung des Netzes im Rahmen der vorhandenen Kabel und Systeme	Beschalten des Breitbandpfades bis zur Vollbelegung
6. Erweiterbarkeit bei Überschreitung der Planungsgrenzen Verlegen neuer Kabel bzw. Einrichten von Übertragungssystemen. Modulare Erweiterung von Vermittlungsstellen bzw. Bilden neuer Vermittlungsstellen in neuen Versorgungsbereichen	Verlegen neuer Glasfaserkabel bzw. Einrichten von Übertragungssystemen. Installation neuer Netzgrundeinrichtungen mit Vorfeldeinrichtungen
7. Zuverlässigkeit Wenige zentrale Einrichtungen (Ortsvermittlungen); bei diesen Hauptaggregate wegen hoher Fehlerwirkbreite (Vermittlungsrechner) gedoppelt	Breitbandpfade zu den Teilnehmern und Vorfeldeinrichtungen haben relativ hohe Fehlerwirkbreite. Daher sind zusätzliche Maßnahmen in der Teilnehmerschaltung und den Übertragungseinrichtungen notwendig. Bei hoher Dienstintegration können Störungen gleichzeitig mehrere Dienste treffen
8. Autarkie Fernsprechdienst wegen Fernspeisung unabhängig von Starkstromnetz	Fernspeisung wegen Multiplexbildung auf Teilnehmerleitung und auf Glasfaser problematisch. Für Katastrophenfälle ist jedoch für den Notdienst eine ungestörte Stromversorgung bestimmter Einrichtungen erforderlich

<p>9. Netzführung und -betrieb (Network management) In heutigen Netzen durch Rechnersteuerung bereits realisiert</p>	<p>Lösungsvorschläge mit Rechnersteuerung liegen vor</p>
<p>10. Wartungsfreundlichkeit Sehr komplexe technische Einrichtungen räumlich in Vermittlungsstelle konzentriert. Störungsbeseitigung durch Baugruppenaustausch</p>	<p>Komplexe technische Einrichtungen beim Teilnehmer führen zu wegintensiver Wartung. Teilnehmereinrichtungen sind weitgehend gleichartig aufgebaut und erlauben daher in der Regel eine Störungsbeseitigung durch Austausch</p>
<p>11. Abhörsicherheit Abhören einzelner Leitungen möglich, setzt aber gewaltsamen Eingriff und Identifizierung der Leitung voraus</p>	<p>Abhören des gesamten Nachrichtenflusses einer Netzgrundeinheit im Prinzip möglich. Vorschläge zur wesentlichen Erschwernis liegen vor</p>

Tabelle 5.11 Gegenüberstellung der Eigenschaften von Breitbandortnetzen mit zentraler und dezentraler Vermittlung

5.2.4 Sternnetz

Beim Sternnetz ist nach Bild 5.10 die Kabelgrabenlänge l_K etwa nur halb so groß wie beim vollvermaschten Netz. Dies ist von großer Bedeutung, da die Verlegekosten gegenüber den Materialkosten bei derzeit üblichen Kabeltypen mindestens 50% der Investitionskosten für eine Kabelstrecke ausmachen. Ferner ist die verkehrsmäßige Ausnutzung der Verbindungen besser als beim Maschennetz.

Die Vermittlung erfolgt zentral im Sternpunkt des Netzes. Die Zuverlässigkeit der Vermittlungseinrichtung ist entscheidend für die Funktion des Netzes. Die Erreichbarkeit im Netz, deren Güte sich in der Größe von Wahlverlusten, Wartezeiten und der Häufigkeit von Netzblockierungen ausdrückt, wird beim Sternnetz im Gegensatz zum Ring- und Verzweigungsnetz (siehe unten) primär durch die Leistungsfähigkeit der Vermittlung und nicht durch die Kanalkapazität der Übertragungswege bestimmt.

In der Teilnehmernetzebene genügen je Anschluß im allgemeinen eine Leitung für Hin- und Rückrichtung ohne Multiplextechnik. Deren Übertragungsbandbreite richtet sich nach dem Signal mit der größten Bandbreite. Auf den Verbindungen zu den Vermittlungen der nächsthöheren Netzebenen werden die erforderlichen Übertragungskanäle entweder im Raummultiplex durch mehrere Leitungen oder im Frequenz- bzw. Zeitmultiplex auf breitbandigeren Leitungen bereitgestellt. Setzt man TDM¹⁾-Übertragungssysteme ein, so besteht die Voraussetzung für den Aufbau von TDM-Vermittlungen und damit für eine Integration im Sinne von IST (integrated switching and transmission).

¹⁾ TDM = time division multiplex (Zeitmultiplex).

Typische Beispiele für Sternnetze sind die Teilnehmernetzebenen des Fernsprechnetzes mit ihren im Mittel 1,3 km langen Teilnehmeranschlußleitungen (vgl. Bild 5.12) und die privaten Nebenstellenanlagen.

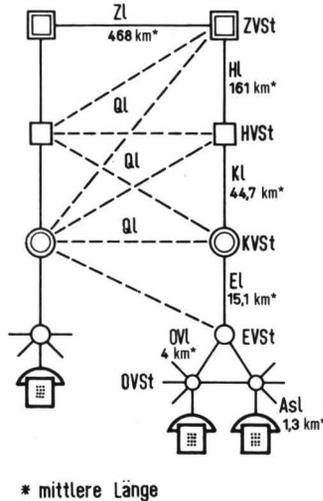


Bild 5.12 Hierarchischer Aufbau des Fernsprechnetzes der Bundesrepublik Deutschland

Das Sternnetz ist relativ unempfindlich gegen Kabelunterbrechungen, da im Störfall nur die Teilnehmer, deren Anschlußleitungen in einem gemeinsamen Kabel verlaufen, und nicht, wie beim einfachen Ringnetz, alle Teilnehmer des Ringes gestört werden. Das Sternnetz bietet ferner eine relativ hohe Sicherheit vor dem Zugriff Unbefugter, läßt sich einfach fernspeisen und ist wartungsfreundlich (vgl. Abschnitt 5.2.2).

5.2.5 Ringnetz

Zwischen den Knoten des Ringnetzes, z. B. den Teilnehmer-Endstellen einer Teilnehmernetzebene, müssen entsprechend dem Verkehrsaufkommen aller Knoten Übertragungskanäle bereitgestellt werden. Es genügen dabei prinzipiell Kanäle in nur einer Richtung (vgl. Bild 5.13). Zu ihrer Realisierung ist besonders das TDM-Verfahren auf entsprechend breitbandigen Übertragungsmedien geeignet, auf denen die Nachrichten der verschiedenen Teilnehmer zeitlich verschachtelt in Blöcken übertragen werden. Das Ringnetz kennt keine Leitweglenkung. Alle in das Netz eingespeisten Nachrichtenblöcke durchlaufen jeden Knoten. Dort wird entschieden, welcher Nachrichtenblock aus dem Ring zu entnehmen ist und welcher nicht. Dies kann unter anderem dadurch ermöglicht werden, daß entweder jedem Nachrichtenblock eine Zieladresse beigegeben wird (Adressen-Kennung), oder jedem Teilnehmerpaar dynamisch nur für die Dauer des

Informationsaustausches ein bestimmter Zeitplatz in einem sich wiederholenden festen Zeitrahmen (Zeitlagen-Kennung) zugeteilt wird. Man nennt die dynamische Zuteilung des Übertragungskanals, z. B. des Zeitplatzes, Vielfachzugriffsverfahren. Die Kanalzuteilung erfolgt vorteilhaft dezentral, und zwar jeweils in dem Knoten, der eine Verbindung aufbauen will.

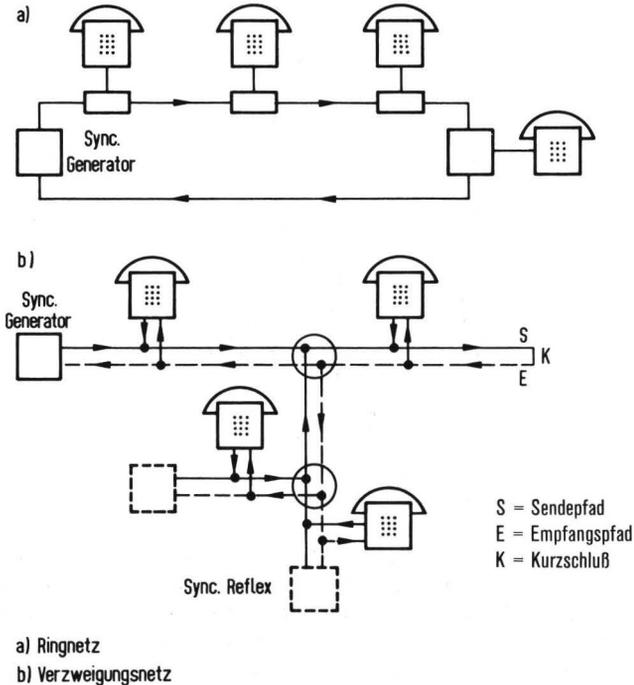


Bild 5.13 Nachrichtennetze mit Vielfachzugriff

Das Verfahren mit Adressen-Kennung ist zwar bezüglich der Organisation der Verkehrsabwicklung und der Integration von Telekommunikationsformen unterschiedlicher Bandbreite am flexibelsten, hat jedoch wegen der zu jedem Block benötigten Adresse eine schlechtere Ausnutzung der Übertragungskapazität als das Verfahren mit Zeitlagen-Kennung. Letzteres benötigt eine Adressierung nur während des Verbindungsaufbaues und ist daher für Ringnetze mit größerer Teilnehmerzahl zu bevorzugen.

Auch Ringnetze und Verzweigungsnetze (siehe unten) benötigen zentrale Einrichtungen, wie z. B. eine Übergabestelle zur nächsthöheren Netzebene, in der auch eine zentrale Gebührenerfassung erfolgen kann. Ferner ist im Ringnetz eine zentrale Überwachung er-

forderlich, die Blockierungen vermeidet, welche durch das mehrmalige Umlaufen verfälschter Nachrichtenblöcke bei Adressen-Kennung bzw. von Wahlinformationen bei Zeitlagen-Kennung entstehen würden.

In der Teilnehmerebene sind die Übertragungskanäle in einem Ringnetz erheblich besser ausgenutzt als in einem Sternnetz. Eine Tatsache, die besonderer Beachtung bedarf, ist jedoch die große Verwundbarkeit von einfachen Ringnetzen durch Ausfälle in den komplexen technischen Einrichtungen der Teilnehmerstationen und durch Kabelunterbrechungen. Die Maßnahmen, die zur Erhöhung der Zuverlässigkeit erforderlich wären, wie z. B. eine bidirektionale Doppel-Ring-Struktur, können die Vorteile eines Ringnetzes nachteilig beeinflussen. Ringnetze sind nicht kompatibel mit der Struktur bestehender Fernmeldenetze und benötigen an den Berührungspunkten Übergangseinrichtungen mit Speichern und Signalwandlern. Die Grenze der Erweiterbarkeit eines Ringes ist durch die Bandbreite des verwendeten Übertragungsmediums gegeben.

5.2.6 Verzweigungsnetz

Zu dieser Klasse von Netzen gehören auch die Baumnetze des Kabelfernsehens. Jedoch sind bei ihnen, abgesehen vom ggf. vorhandenen Rückkanal, die Bildkanäle nur einseitig von der Zentrale zu den Teilnehmern gerichtet, so daß keine zweiseitige Teilnehmer-Teilnehmer-Bildkommunikation erfolgen kann (vgl. Anlageband 5 zum Telekommunikationsbericht). Um diese zweiseitige Kommunikation im Verzweigungsnetz zu ermöglichen, muß z. B. in der Teilnehmernetzebene jede Teilnehmerstation mit zwei entgegengesetzt gerichteten Leitungen verbunden sein, vgl. Bild 5.13b. Auf der einen Leitung kann die Station nur senden (Sendepfad S), auf der anderen nur empfangen (Empfangspfad E). Die in den Verzweigungspunkten des Netzes jeweils zusammentreffenden Leitungen der Netzzweige müssen dort so miteinander verbunden werden, daß in den Empfangsleitungen aller Zweige alle in das Netz eingespeisten Informationen an den Teilnehmerstationen vorbeifließen. Das ist jedoch nur möglich, wenn am Ende (K) eines einzigen, beliebigen Netzausläufers die beiden Leitungen zur Informationsrückführung miteinander verbunden werden.

Im Verzweigungspunkt ist das Hauptproblem die störungsfreie Überlagerung aller gesendeten Nachrichten, damit an jeder Stelle des Netzes eine einwandfreie Trennung der einzelnen Nachrichten möglich ist. Die Trennung kann wie beim Ringnetz durch die Übertragung in Zeitmultiplexkanälen nach dem Vielfachzugriffsverfahren erfolgen. Da jeder Teilnehmer vom gesamten Belegungszustand des Netzes Kenntnis hat, ist er in der Lage, beim Aufbau einer neuen Verbindung nur einen solchen Zeitplatz zu belegen, der an keiner Stelle des Netzes von einem anderen Teilnehmer belegt ist. Damit ergibt sich eine einfache Verschachtelung der Nachrichtenblöcke entsprechend einem Reißverschluß in den Verzweigungspunkten.

Für den Verbindungsaufbau ist eine feste Beziehung zwischen einem freien Zeitplatz auf der Empfangsleitung und einem solchen auf der

Sendeleitung erforderlich. An einer beliebigen Stelle des Netzes befindet sich dazu ein Synchronisierungsgenerator (Sync. Generator), der periodisch ein Synchronisierwort sendet, das den Zeitplatzrahmen festlegt. Am Ende jedes Netzausläufers, mit Ausnahme des einen zur Informationsrückführung, wird nur das Synchronisierwort (keine Nachrichtenblöcke) von der Empfangsleitung auf die Sendeleitung übertragen (Sync. Reflex). Es wird dabei zum Ausgleich von Laufzeitdifferenzen jeweils so verzögert, daß es gleichzeitig mit den Synchronwörtern anderer Netzausläufer in den Verzweigungspunkt einläuft. Damit entspricht ein von der Teilnehmerstation als frei erkannter Zeitplatz auf der Empfangsleitung hinsichtlich seiner Lage zum Synchronisierwort einem freien Zeitplatz auf der Sendeleitung, der vom Teilnehmer belegt werden darf. Für ein Teilnehmerpaar genügt für die Dauer der Verbindung ein Zeitplatzpaar. Nach dem Verbindungsaufbau braucht den Nachrichtenblöcken keine Zieladresse beigegeben werden. Ein Mehrfachumlaufen von Nachrichten gibt es nicht.

Das Verzweigungsnetz ist bezüglich der topographischen Erweiterbarkeit flexibler als das Ringnetz. Aber auch hier bietet die Kanalkapazität des notwendigerweise breitbandigen Übertragungsmediums eine Grenze für die Teilnehmeranschlußzahl. Eine Erweiterung im Raummultiplex, z. B. durch eine zweite Leitung, bedeutet eine Verdoppelung der dezentralen Einrichtungen. Eine Kabelunterbrechung kann nur einen Teil des Netzes stilllegen, jedoch ist die Wirkung besonders dann groß, wenn Verbindungen zwischen den Abzweigepunkten unterbrochen werden. Die Zuverlässigkeit der Teilnehmereinrichtungen hat wie beim Ringnetz einen hohen Einfluß auf die Gesamtzuverlässigkeit des Netzes. Auch besteht keine Kompatibilität mit bestehenden Fernmeldenetzen. Wegen der dezentral angeordneten Verzweigungsschaltungen ist die Wartung aufwendiger und eine Fernspeisung schwieriger.

Dem Vorteil einer relativ einfachen Integration verschiedener Telekommunikationsformen im digitalen Ring- und Verzweigungsnetz steht der Aufwand bei jedem Teilnehmer für die Analog-Digitalwandlung der Signale aller Analogquellen (Sprache, Bild) gegenüber. Der Technik solcher Netze kommt der allgemeine Trend nach verstärkter Dezentralisierung unter Einsatz von Mikroprozessoren zugute. Jedoch dürfte der technologische Stand der erforderlichen schnellen Schaltkreise und der breitbandigen Übertragungsmedien (Glasfaser) und noch ungelöste technische Probleme eine zuverlässige Realisierung größerer Teilnehmernetze in dezentraler Technik für Breitbandkommunikationsdienste in naher Zukunft noch nicht erlauben.

5.3 Analoges Breitbandnetz in der Orts- und Fernebene (Lösung A)

Das heute und in naher Zukunft vorhandene Fernmeldenetz der Deutschen Bundespost dient im wesentlichen der Fernsprechübertragung. Hierbei erfolgt die Signalübertragung in analoger Form und

die Vermittlung dieser Signale im Raumvielfach; es handelt sich demnach um ein analoges Fernmeldenetz. An dieser Charakterisierung ändert sich auch nichts, wenn auf einzelnen Abschnitten des Netzes digitale Übertragungs- bzw. Vermittlungssysteme eingefügt werden. Die Hauptbestandteile des Netzes (insbesondere die Anschlußleitungen) werden noch auf absehbare Zeit rein analog betrieben, so daß auch weiterhin mit analogen Fernmeldenetzen gerechnet werden muß.

5.3.1 Erforderliche Netzstruktur

Bei den Überlegungen für ein künftiges analoges Breitbandnetz wird man daher im Interesse einer möglichst sinnvollen und wirtschaftlichen Lösung zu prüfen haben, ob bzw. in welchem Umfang sich die vorhandenen analogen Netze bzw. Netzteile für eine analoge Breitbandtechnik (Übertragung + Vermittlung) nutzen lassen. Der Wiederbeschaffungswert des von der Deutschen Bundespost betriebenen Fernsprechnetzes beträgt für rd. 15 Mio. Teilnehmer etwa 75 Milliarden DM. Hieraus läßt sich ermessen, welche Investitionskosten bei Schaffung eines neuen analogen Breitbandnetzes entstehen würden, falls es ohne Mitbenutzung des vorhandenen Netzes geplant wird. Es ist daher zu untersuchen, unter welchen technischen bzw. betrieblichen Bedingungen eine Mitverwendung des bestehenden Netzes möglich ist.

In einem ersten Schritt sollen zunächst die Forderungen an die Netzstruktur eines analogen Breitbandnetzes aufgestellt werden. Dabei ist zu prüfen, inwieweit diese Forderungen von den vorhandenen analogen Fernmeldenetzen erfüllt werden bzw. welche zusätzlichen Einrichtungen erforderlich sind. Die Netzstruktur eines analogen Breitbandnetzes muß folgende Forderungen erfüllen:

- flexible Netzgestaltung, d. h. die Verkehrsflüsse müssen dem jeweiligen Bedarf entsprechend gelenkt und geleitet werden können;
- wirtschaftliche Netzauslastung, d. h. Zusammenfassung von Verkehrsflüssen und Führung dieser Bündel auf kürzestem Wege zum Zielort (Leitweglenkung);
- Sicherung des Netzes, d. h. Verkehrsflüsse ab einer bestimmten Größe müssen gegen Fehler und Störungen im Netz gesichert sein (Ersatzschaltung bzw. Mehrwegeführung).

Diese Forderungen lassen sich am besten durch einen hierarchischen Netzaufbau erfüllen, wie er aus den gleichen Gründen auch beim Fernsprechnetzwahl gewählt worden ist. Bild 5.12 zeigt diesen hierarchischen Aufbau des Fernsprechnetzes, der bereits im Anlageband 3 zum Telekommunikationsbericht beschrieben wurde.

Die obenerwähnten Forderungen an die Netzstruktur lassen sich am besten durch eine Sternmaschenstruktur erreichen. Durch die Vermaschung der Vermittlungsstellen der oberen Netzebene (Fernnetz) bis hinab zur Knotenvermittlungsstelle (KVSt) können die Zielvermittlungsstellen auf kürzestem Weg erreicht werden.

Durch Einfügen von Querleitungen erreicht man ab einer bestimmten Mindestgröße der Bündel eine wirtschaftliche Führung, indem man nicht die hierarchischen Stufen des Netzes durchläuft, sondern ab der Ursprungsvermittlungsstelle über eine Querleitung direkt zur Zielvermittlungsstelle gelangt. Die Vermaschung ermöglicht eine flexible Leitweglenkung und nahezu optimale Anpassung an die sich ändernden Verkehrsbelastungen im Netz. Auch ist es dadurch leicht möglich, bei Störungen eines Übertragungsweges auf einen anderen umschalten zu können.

Unterhalb der Knotenvermittlungsstelle wird das Netz als Sternnetz ausgebildet. Hier verlaufen die Übertragungswege sternförmig zu den Netzknoten (Ortsvermittlungsstellen). Selbstverständlich lassen sich durch eine solche Netzstruktur nicht in vollem Umfang die oben angeführten Forderungen wie beim Maschennetz verwirklichen. Aus technischen und wirtschaftlichen Gründen ist es jedoch in dieser Netzebene zur Zeit nicht möglich, eine Vermaschung durchzuführen. Es ist hierbei zu bedenken, daß bei Störungen immer nur geringe Teilbereiche des Netzes betroffen sind. Es würde derzeit einen untragbaren technischen und wirtschaftlichen Aufwand bedeuten, wollte man auch in dieser Netzebene mit den vorhandenen technischen Einrichtungen auf eine Vermaschung übergehen. Es ist anzumerken, daß man insbesondere in großen Ortsnetzen jedoch von der reinen Sternnetzstruktur abgeht; man vermascht hier die Ortsvermittlungsstellen. Unterhalb der Ortsvermittlungsstelle wird jedoch mit Sicherheit eine Vermaschung auszuschließen sein. Insbesondere das Anschlußleitungsnetz wird stets als reines Sternnetz ausgebildet.

Zusammenfassend läßt sich sagen, daß auch für ein analoges Breitbandnetz die Kombination Maschennetz (in der Fernnetzebene) mit einem Sternnetz (in der Ortsnetzebene, unter Umständen zwischen den Ortsvermittlungsstellen in großen Ortsnetzen teilvermascht) in einem fortgeschrittenen Ausbausezustand durchaus als günstigste Netzstruktur angesehen werden kann.

5.3.2 Verwendete Übertragungsmedien

Die in Bild 5.12 dargestellte gemischte Netzstruktur ermöglicht einen Bündelungseffekt, d. h. die von den einzelnen Teilnehmern in den sternförmigen Ausläufern ausgehenden schwachen Verkehrsflüsse werden in aufsteigender Richtung immer mehr „verdichtet“. Man erhält somit immer größere bzw. immer zahlreichere Bündel nach den Zielvermittlungsstellen, für die eine ständig wachsende Zahl von Verbindungsleitungen bereitgestellt werden muß.

Ab einer bestimmten Bündelgröße geht man aus technischen und wirtschaftlichen Gründen von dem im Ortsnetz ausschließlich verwendeten Prinzip ab, jedem Teilnehmer eine eigene Leitung zuzuordnen und verwendet statt dessen das Verfahren der Mehrfachausnutzung von Leitungen. Hierunter versteht man, daß eine Vielzahl von Verbindungen (Kanälen) über einen einzigen physikalischen Leiter übertragen wird. Im Netz der Deutschen Bundespost wird heute im gesamten

Fernnetz (oberhalb der KVSt) ausschließlich die analoge Mehrfachausnutzung der Übertragungsmedien (Kabel und Richtfunk) angewendet. Als Kabel werden entweder hochwertige symmetrische oder koaxiale Kabel benutzt. Für den Richtfunk wird der Frequenzbereich zwischen 1 und 10 GHz verwendet.

Einzelheiten der Übertragungsmedien und -verfahren zeigt Abschnitt 4.4. Es soll hier die Feststellung genügen, daß die im Fernnetz vorhandenen Übertragungsmedien auch für die Übertragung von Breitbandsignalen geeignet sind. Für die Übertragung von 1 MHz-Signalen gilt diese Aussage uneingeschränkt für alle Teile des Fernnetzes. Für die Übertragung von 5 MHz-Signalen sind dagegen die 1975 vorhandenen Verbindungen zwischen Hauptvermittlungsstellen und Knotenvermittlungsstellen nicht geeignet, sie ließen sich jedoch entsprechend ausbauen.

Gänzlich andere Voraussetzungen finden sich jedoch in den Nahverkehrsnetzen (unterhalb der KVSt) und in den Ortsnetzen. Aus wirtschaftlichen und technischen Gründen kommt eine analoge Mehrfachausnutzung in dieser Netzebene zumindest derzeit nicht in Betracht. Daher werden dort ausschließlich symmetrische Kabel verwendet, die für die Fernsprechübertragung (im Frequenzbereich 300 bis 3400 Hz) bemessen sind. In Nahverkehrs- und Ortsnetzen wird man daher (anders als in der Fernebene) kaum ohne durchgreifende Maßnahmen die Übertragung breitbandiger Signale in nennenswertem Umfang vornehmen können. Mit gewissen Beschränkungen lassen sich zwar auch NF-Kabel breitbandig ausnutzen, jedoch sind hier durch die physikalischen Eigenschaften der Kabel und durch die Forderungen der in ihnen bereits geführten Dienste gewisse Grenzen gesetzt.

Eine zusätzliche Einschränkung wäre in dieser Netzebene durch die dort vorhandenen bespulten Kabel gegeben. Bekanntlich lassen sich durch die Ausrüstung von Kabeln mit Pupinspulen Reichweiterhöhungen für die Fernsprechübertragung erzielen. Die Einschaltung von Spulen bringt jedoch mit sich, daß oberhalb des verwendeten Frequenzbandes (> 3400 Hz) ein sehr steiler Dämpfungsanstieg auftritt, so daß breitbandigere Signale über bespulte Kabel nicht übertragen werden können. Bespulte Kabel werden insbesondere in den größeren Ortsnetzen verwendet. Beabsichtigt man, Signale mit einem Frequenzband > 3400 Hz über derartige Kabel zu übertragen, so müssen sie vorher entspult werden. Diese Entspulung stellt einen erheblichen Aufwand dar.

Einzelheiten der in den Nahverkehrs- und Ortsnetzen verwendeten Kabel sind dem Abschnitt 4.4 „Übertragungsmedien“ zu entnehmen.

5.3.3 Zugrunde gelegte Vermittlungseinrichtungen

Während im vorhandenen Fernnetz grundsätzlich die Möglichkeit für die Übertragung breitbandiger Signale gegeben ist und in den Nahverkehrs- und Ortsnetzen eine beschränkte Übertragungsmöglichkeit — eventuell unter Ausführung zusätzlicher Maßnahmen — angenom-

men werden kann, ist mit der im heutigen Netz vorhandenen Vermittlungstechnik sowohl im Fernnetz wie auch in den Nahverkehrs- und Ortsnetzen eine Vermittlung breitbandiger Signale nicht möglich.

Die hierfür maßgebenden Gründe liegen in der Struktur, der Steuerung und in den Übertragungstechnischen Eigenschaften der Vermittlungssysteme begründet.

Die heutigen Vermittlungssysteme sind (in der Fernebene) als Vierdrahtvermittlungen ausgebildet. Im Ortsnetz sind dagegen ausschließlich Zweidrahtvermittlungen eingesetzt. Da bei einer Breitbandübertragung eine sechsdrähtige Durchschaltung erforderlich ist (vierdrähtig für die Bildinformation, zweidrahtig für die Sprachinformation), folgt daraus, daß weder die vorhandenen Vierdraht- noch die Zweidrahtvermittlungen für die Vermittlung von derartigen Breitbandsignalen verwendet werden können.

Auch wenn man unterstellt, daß durch geeignete Maßnahmen auf eine getrennte Übertragung des Begleittons bzw. der Sprache verzichtet werden kann (Ton im Bild) und sich damit die sechsdrähtige Durchschaltung zu einer vierdrähtigen Durchschaltung reduziert, stehen einer solchen Vermittlung Übertragungstechnische Hemmnisse entgegen. Die heute verwendeten Fernsprechsysteine besitzen bandbegrenzende Einrichtungen, die sowohl in Richtung zum Teilnehmer als auch in aufsteigender Richtung nur ein relativ beschränktes Frequenzband (kleiner als 9 kHz) übertragen. Derartige Einrichtungen sind die Amtswende für die Einspeisung des 16 kHz-Gebührenanzeiger-Impulses und der Ortsleitungsübertrager. Die Amtswende hat die Aufgabe, das 16 kHz-Signal nur in Richtung zum rufenden Teilnehmer gelangen zu lassen und in Richtung zum gerufenen Teilnehmer (aufsteigende Richtung) zu sperren. Der Ortsleitungsübertrager soll verhindern, daß während des Rufvorganges der Rufstrom zum rufenden Teilnehmer gelangt.

Wie Untersuchungen gezeigt haben, ist durch die Einschaltung dieser beiden Einrichtungen lediglich die Übertragung eines Frequenzbandes von etwa 100 bis 9000 Hz ohne nennenswerte Dämpfung möglich. Signale außerhalb der vorgenannten Frequenzbereiche können über die vorhandenen Vermittlungssysteme nicht übertragen werden, es sei denn, daß die bisherige Technik — etwa der Übertragung der Gebührenimpulse — vollständig geändert wird.

Ein weiteres Übertragungstechnisches Hemmnis ist in dem Nebensprechverhalten der Innenverkabelung der Vermittlungsstellen zu sehen. Die große Anzahl der z. B. an den Hauptverteilern geführten Leitungen läßt erwarten, daß bei Übertragung von Breitbandsignalen die geforderten Nebensprechwerte nicht eingehalten werden können. Die derzeitigen Nebensprechwerte sind ausschließlich für den bisher übertragenen Frequenzbereich (300 bis 3400 Hz) definiert und werden dort auch eingehalten.

Eine weitere Schwierigkeit bei der Übertragung von Breitbandsignalen über vorhandene Vermittlungssysteme dürfte in den Erdkapazitäten

der Wählerarme liegen. Auch hier reichen die vorhandenen Kapazitätswerte für die Fernsprechübertragung aus. Es ist jedoch zu erwarten, daß sie für Breitbandsignale zu hoch sind. Schließlich sind auch Steuerungsprobleme zu berücksichtigen, die in den vorhandenen Vermittlungssystemen bei der Vermittlung breitbandiger Signale auftreten können.

Zusammenfassend ist daher festzustellen, daß — im Unterschied zur vorhandenen Übertragungstechnik — die heute im Fernsprechnet vorhandenen Vermittlungssysteme für die Vermittlung von Breitbandsignalen ohne zusätzlichen Aufwand nicht geeignet sind. Hier müssen neue Vermittlungseinrichtungen bereitgestellt werden. Über die Eigenschaften dieser Breitbandvermittlungen, die zweckmäßigerweise am Ort der Fernsprechvermittlungen errichtet werden sollten, wird im Abschnitt 6 „Möglichkeiten der Breitbandvermittlung“ berichtet.

5.3.4 Einführungsstrategie

Aufgrund der Netzstruktur und der Eigenschaften der vorhandenen Übertragungsmedien bzw. Vermittlungseinrichtungen läßt sich eine Einführungsstrategie für ein analoges Breitbandnetz angeben. Man darf annehmen, daß ein solches Netz nicht im vollen Umfang schlagartig aufgebaut werden wird. Es scheint daher realistisch, drei Phasen zu unterscheiden:

1. Phase: Festgeschaltete Breitbandleitungen (nicht vermittelt);
2. Phase: Vermittelte Breitbandleitungen, jedoch geringer Umfang;
3. Phase: Vermittelte Breitbandleitungen, in erheblichem Umfang.

In der ersten Phase wird man — geringer Bedarf vorausgesetzt — im vorhandenen Netz kaum mit wesentlichen Schwierigkeiten bei der Einrichtung von Breitbandverbindungen zu rechnen haben. Für das Weitverkehrsnetz oberhalb der HVSt ist dies mit Sicherheit zutreffend.

Dagegen wird es kaum möglich sein, in der Fernnetzebene unterhalb der HVSt (HVSt-KVSt, KVSt-EVSt) mit den vorhandenen Übertragungseinrichtungen eine Bandbreite von 5 MHz zu übertragen. In diesen Netzebenen wären daher neue Kabel bzw. Richtfunkverbindungen mit neuen Übertragungssystemen notwendig, die bei der angenommenen geringen Teilnehmerzahl hohe anteilige Investitionskosten erfordern. Man wird daher vorteilhaft in der ersten Phase durch Anwendung von Bild- und Zeilenkonvertern (siehe Abschnitte 2.2, 3.1.2 und Bild 3.7) die in Nebenstellenanlagen ohne weiteres vermittel- und übertragbaren 5 MHz-Signale vor der Übertragung über das Fernnetz in 1 MHz-Signale konvertieren und am Empfangsort wieder auf 5 MHz umsetzen. Durch diese Umwandlung entsteht ein Qualitätsverlust nur bei der Übertragung von Bewegtbildern. Die Wiedergabe von Festbildern (Dokumenten) entspricht der 5 MHz-Qualität. Durch die Anwendung von Zeilen- und Bildkonvertern lassen sich besonders in der ersten Phase spezielle Erweiterungen in 5 MHz-Technik

in der unteren Fernnetzebene vermeiden. In der Nahverkehrsebene (KVSt-EVSt) wird die Verlegung neuer symmetrischer, bündelgeschirmter Kabel nicht zu vermeiden sein, die bei der Übertragung von 1 MHz-Signalen außerdem besser genutzt werden können als bei 5 MHz-Übertragung. Selbstverständlich bringt die Anwendung von Zeilen- und Bildkonvertern in den Vermittlungsstellen auch in den nächsten beiden Phasen Vorteile, die dann allerdings (bei steigender Teilnehmerzahl) nicht mehr so ins Gewicht fallen wie in der ersten Phase.

In den Ortsnetzen werden sich in der ersten Phase in den vorhandenen Kabeln immer Leitungen schalten lassen, über die Breitbandverbindungen geführt werden können, vor allem, wenn es sich um die Übertragung von 1 MHz-Signalen handelt. Allerdings wird hier vorausgesetzt, daß es sich nur um eine relativ geringe Anzahl von Breitbandleitungen handelt.

In der zweiten Phase wird angenommen, daß bereits ein nennenswerter Bedarf an Breitbandleitungen besteht. Da dann eine größere Anzahl von Teilnehmern vorhanden ist, wird der Wunsch entstehen, von den festgeschalteten Leitungen zu vermittelten Verbindungen überzugehen. Dies bedingt auf der Seite der Vermittlungstechnik die Einführung von Breitbandvermittlungen in Verbindung mit dem neuen Wählsystem EWS. Übertragungstechnisch wird auch in der zweiten Phase kaum mit großen Schwierigkeiten zu rechnen sein. Im Fernnetz oberhalb der HVSt lassen sich Signale mit einer Bandbreite von 5 MHz übertragen. Unterhalb der HVSt gelten die gleichen Aussagen bzw. Einschränkungen wie bei der ersten Phase. In den Ortsnetzen wird man — wiederum vorausgesetzt, daß es sich um nicht allzu viele Breitbandverbindungen handelt — auf die vorhandenen Kabel zurückgreifen können. Selbstverständlich wird aber in dieser Phase mit gewissen Zusatzmaßnahmen auf der Seite der Übertragungstechnik zu rechnen sein, wie z. B. dem Einbau von Verstärkern, Netzerweiterungen usw.

In der dritten Phase wird angenommen, daß — bedingt durch vermehrten Teilnehmerzugang — der Umfang an Breitbandübertragung inzwischen erheblich zugenommen hat. Daher müssen die in der zweiten Phase bereits eingeführten Breitbandvermittlungen erweitert und neue erstellt werden. Außerdem wird es nunmehr bei der Übertragungstechnik erforderlich werden, vom Prinzip der Mitverwendung aller Teile des vorhandenen Ortsnetzes abzugehen. Allerdings sollten sich diese Modifikationen möglichst auf das Verbindungsleitungsnetz (Ortsverbindungsleitungen) beschränken. Die in diesem Teil des Netzes ausgelegten Kabel sind größtenteils in Kabelkanälen verlegt. Daher bietet sich hier die Möglichkeit, durch Einfügen besonderer, für die Breitbandübertragung geeigneter Kabel (z. B. bündelgeschirmter, symmetrischer Kabel mit 0,9 mm Aderndurchmesser und 2,5 km Verstärkerabstand) die notwendigen Übertragungsmedien bereitzustellen. Die Bildübertragung erfolgt in dieser Netzebene zweckmäßigerweise in Videolage.

Andere Verhältnisse liegen jedoch im Anschlußleitungsnetz (zwischen Kabelverzweiger und Teilnehmer) vor. Hier handelt es sich ausschließlich um niederpaarige Erdkabel, deren Ersatz bzw. Ergänzung durch breitbandige Übertragungsmedien sehr kostspielig ist, einmal, da es sich um Erdkabel handelt (Aufgrabung erforderlich), und zum anderen, da entsprechende Baumaßnahmen für jeden Teilnehmer individuell ausgeführt werden müssen. Prinzip sollte es daher sein, das vorhandene Anschlußleitungsnetz (ab Hauptverteiler der Ortsvermittlungsstelle) möglichst weitgehend für die Breitbandübertragung zu nutzen. Aufgrund der vorliegenden meßtechnischen Ergebnisse erscheint es realistisch anzunehmen, daß eine störungsfreie, breitbandige Ausnutzung des Leitungsabschnittes Teilnehmer—Kabelverzweiger mit 5 MHz bis zu einer maximalen Leitungslänge von 300 m (entsprechend der mittleren Leitungslänge zwischen Kabelverzweiger und Teilnehmer) zumindest für Schwarz/Weiß-Signale möglich ist (geforderter Geräuschabstand: 30 dB). Wegen der höheren Anforderungen an die Farbbildübertragung (geforderter Geräuschabstand: 50 dB bei der Farbträgerfrequenz 4,43 MHz) werden die niedrigpaarigen Verzweigungskabel mit ihren relativ schlechten Werten der Nahnebensprechdämpfung für eine Farbübertragung mit 5 MHz nicht mehr ausreichen. Hier wird daher die getrennte Führung der Bildsignale für die beiden Übertragungsrichtungen erforderlich (2. Kabel), was zusätzlichen Verlegeaufwand im Abschnitt Kabelverzweiger—Teilnehmer bedeutet. Günstigere Verhältnisse lassen sich wegen der erhöhten Nahnebensprechdämpfung beim 1 MHz-Bildfernsprechen erwarten.

Allerdings wird bei der Mitverwendung der vorhandenen Kabel des Anschlußleitungsnetzes sowohl im 1 MHz- wie im 5 MHz-Fall eine Minderung der Bildqualität infolge der Gleichstromimpulsgebung während der Fernsprech-Wählzeichenübertragung in den herkömmlichen elektromechanischen Vermittlungssystemen nicht auszuschließen sein.

Zusammenfassend ist daher festzustellen,

- daß im Fernnetz die vorhandene Technik der Übertragungsmedien auch in der dritten Phase für die Übertragung breitbandiger Signale geeignet ist; selbstverständlich müssen die Verbindungen dem Bedarf entsprechend erweitert und ausgebaut werden;
- daß das Anschlußleitungsnetz auf dem Abschnitt Kabelverzweiger—Teilnehmer in der bisherigen Form voraussichtlich weiterverwendet werden kann (ggf. durch geringe Modifikationen, etwa Einbau von Verstärkern in der letzten Vermittlungsstelle vor dem Teilnehmer);
- daß im Verbindungsleitungsnetz (Ortsverbindungsleitungen) durch Auslegen neuer, breitbandiger Kabel geeignete Übertragungsmedien für die Übertragung von breitbandigen Signalen bereitgestellt werden müssen.

5.4 Breitbandnetz mit digitaler Übertragung in der oberen Fernebene auf Koaxialkabeln (Lösung B)

Bei der Weiterentwicklung der heutigen Fernsprechnetze werden in zunehmendem Maße digitale Übertragungsverfahren angewendet. Zukünftige Fernsprechvermittlungssysteme schalten diese digitalen Signale im Zeitmultiplex durch. Aus dieser Kombination ergeben sich besonders wirtschaftliche Netzlösungen durch die mögliche Integration hinsichtlich Signaldarstellung und Modulationsverfahren in Übertragungs- und Vermittlungstechnik. Diese Technik eröffnet auch neue Möglichkeiten der Breitbandübertragung und -vermittlung und ermöglicht damit eine neue Variante eines Breitbandnetzes.

5.4.1 Erforderliche Netzstruktur

Aus wirtschaftlichen Gründen scheidet die Digitalisierung des Bildsignals am Ort seiner Entstehung, also beim Teilnehmer, beim gegenwärtigen Stand der Technologie und in naher Zukunft aus. Daher wird das Signal erst beim Übergang auf das Fernnetz digitalisiert. Die für digitale Übertragung ausgerüsteten Übertragungsstrecken der Fernebene stehen einer Vielzahl von Teilnehmern zur Verfügung und können dementsprechend wirtschaftlich ausgenützt werden. Gleichzeitig ist es möglich, in diesem Übertragungsbereich die in Abschnitt 4.1.3 beschriebenen Verfahren der Redundanzminderung einzusetzen und somit die Übertragungsstrecken noch besser auszunutzen.

Die Digitalisierung des Bildsignals müßte heute aus Kostengründen zweckmäßigerweise am Ausgang der KVSt erfolgen. Es ist anzunehmen, daß durch technologisch bedingte Kostenverschiebungen bei der Weiterentwicklung der Systeme dieser Punkt in die EVSt-Ebene verlagert werden kann. Nach dem heutigen Stand der Forschungsarbeiten auf diesem Gebiet erscheint es realistisch, von einer Bitrate von 64 Mbit/s für ein Farbbild hoher Qualität auszugehen (Redundanzminderung). 64 Mbit/s entsprechen ungefähr einer Impulsbreite von 15 ns (15 Nanosekunden).

Digitale Zeitmultiplex-Vermittlungsanlagen im Fernsprechnetze werden heute bis zu einer Bitrate von 8 Mbit/s diskutiert. Die Vermittlungsaufgabe zerfällt dabei in zwei Teile: die räumliche Vermittlung mit einer sogenannten Raumstufe und die zeitliche Versetzung in eine Zeitlage in einer sogenannten Zeitstufe. Eine Zeitstufe bei 64 Mbit/s-Bitströmen pro Kanal wird z. Z. technologisch noch nicht beherrscht. Aus diesem Grund kann die digitale PCM-Bildvermittlung nur eine raummultiplexe Durchschaltung des Bitstroms vornehmen. Daraus folgt, daß vor jeder Vermittlungsstelle der Fernebene die Übertragungsbündel in die einzelnen Digitalkanäle aufgelöst werden müssen (Demultiplex).

Für die Bildung des Netzes gelten dann die gleichen Überlegungen wie für das analoge Breitbandnetz (siehe Abschnitt 5.3.1).

Bild 5.14 zeigt schematisch den Aufbau des Breitbandnetzes mit digitaler Fernebene. Die Vermittlung der Breitbandsignale erfolgt

zweckmäßigerweise am Ort der Fernsprechvermittlungsstellen, so daß die digitalen Koppelfelder von den vorhandenen Vermittlungseinrichtungen mitgesteuert werden können (siehe hierzu auch Abschnitt 6.4).

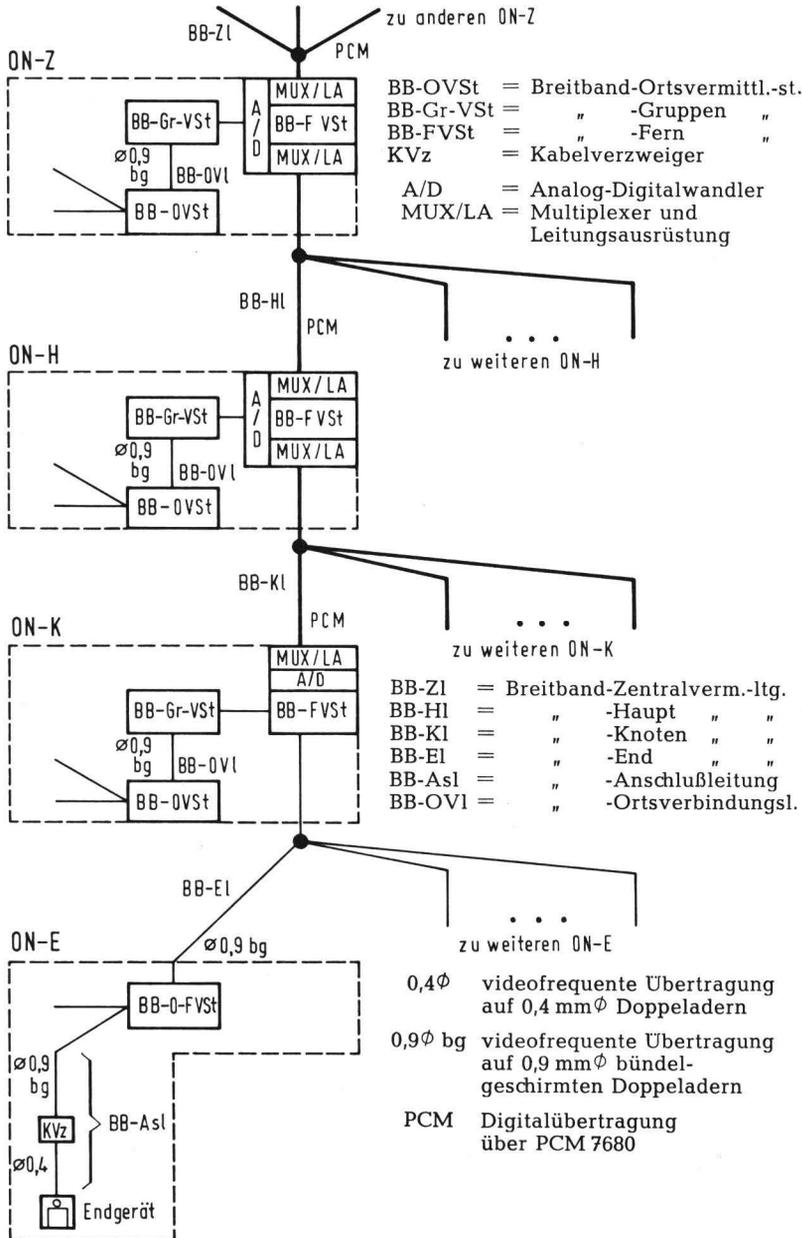


Bild 5.14 Breitbandnetz mit digitaler Ebene

5.4.2 Vorteile des digitalen Breitbandnetzes für die Fernebene

Wirtschaftliche Vorteile, wie sie die technische Konzentration und die Integration der Dienste im digitalen Fernsprechnetzen bringen, sind im Breitbandnetz mit digitaler Fernebene nicht zu erwarten, da die Vermittlungsstellen Raummultiplex-Vermittlungsstellen bleiben und durch die große Bandbreite des Bildsignals im Verhältnis zur verfügbaren Gesamtbandbreite des Übertragungsmediums eine weitere Integration der Dienste im Breitbandnetz nicht zweckmäßig ist.

Dennoch ergeben sich für die digitale Übertragung der Bildsignale im Fernnetz einige Vorteile:

- Es ist ein größerer Spielraum hinsichtlich der technologischen Weiterentwicklung und damit der Kostenverminderung der Systemkomponenten gegeben.
- Neue Übertragungsmedien (Hohlkabel, Lichtleitfaser, Richtfunk oberhalb 12 GHz) setzen digitale Übertragungsverfahren voraus.
- Die wiederholte Regeneration des Signals verhindert weitgehend die Akkumulation von Störeinflüssen.

Da schon heute der Aufbau des digitalen Fernsprechnetzes begonnen hat und diese Entwicklung sich im Aufbau von digitalen Ferntrassen fortsetzen wird, wird sich in fernerer Zukunft der digitale Teil der Breitbandübertragung auf diese Trassen abstützen können.

Ein zusätzliches Problem ist allerdings die Synchronisierung digitaler Netze (siehe Abschnitt 6.4).

5.4.3 Verwendete Übertragungsmedien

Da hier nur die Fernebene digitale Signale überträgt, wird das Anschluß- und Bezirkskabelnetz, wie unter Abschnitt 5.3.2 beschrieben, ausgeführt.

Im Fernnetz kommen die noch zu entwickelnden Systeme PCM 1920 und PCM 7680 für die Übertragung von Breitbandsignalen in Frage. Das System PCM 1920 kann maximal zwei, das System PCM 7680 maximal sieben 5 MHz-Breitband-Kanäle aufnehmen (siehe auch die Bilder 4.11 und 4.12).

Es wird vorgeschlagen, daß das Tonsignal zusammen mit dem Bildsignal codiert übertragen und die Signalisierung für die Steuerung der Vermittlungsvorgänge zunächst über die vorhandenen zentralen Fernsteuerkanäle des EWS-Vermittlungssystems vorgenommen wird.

Als Kabel werden Koaxialkabel eingesetzt, später ist ein Übergang auf Hohlkabel oder Lichtwellenleiter denkbar.

5.4.4 Zugrunde gelegte Vermittlungseinrichtungen

Vorhandene Vermittlungssysteme sind für die raummultiplexe Vermittlung digital codierter Breitbandsignale nicht geeignet. Es müssen neue Systeme bereitgestellt werden. Wie bereits ausgeführt, müssen diese Systeme die raummultiplexe Durchschaltung der 64 Mbit/s-Bit-

ströme ermöglichen (bit stream switch). Diese Transitvermittlungen für das Breitbandnetz werden räumlich neben den vorhandenen Transitvermittlungen des Fernsprechnetzes angeordnet. Sie sollen Koppelfelder aus integrierten, digitalen Koppelementen benutzen. In der Regel erfolgt die Steuerung über die Steuerrechner der benachbarten Fernsprechvermittlungsstelle. Nur bei großen Vermittlungen werden eigene Steuerrechner benötigt. Man kann annehmen, daß bis zur Einführung digitaler Breitbandnetze das Fernsprechnet weitgehend auf das rechnergesteuerte, elektronische Wählsystem EWS umgestellt sein wird, also Steuerrechner im Netz vorhanden sind.

In Abschnitt 6.4 ist der Aufbau einer digitalen Breitbandvermittlung beschrieben.

5.4.5 Einführungsstrategie

Man kann davon ausgehen, daß in Zukunft in verstärktem Maße Teile des Fernsprechnetzes digital ausgeführt werden. Dabei werden zunächst die Ferntrassen und die Fernvermittlungen digitalisiert.

Der Ausbau eines Breitbandnetzes mit digitaler Fernebene wird sich dieser Entwicklung anpassen, wobei die hochkanaligen, digitalen Übertragungswege alternativ mit Bündeln von Fernsprechanälen oder Bildkanälen belegt werden können.

Somit wird bei den Übertragungssystemen ein kontinuierlicher, dem jeweiligen Bedarf angepaßter Netzausbau ermöglicht. Schwierigkeiten grundsätzlicher Art sind nicht zu erwarten. Die Vermittlungssysteme können dem Bedarf entsprechend mit digitalen Breitband-Koppelfeldern und den erforderlichen Speichern für die Steuerprogramme der Breitband-Fernvermittlung ausgerüstet werden.

Abhängig von der wachsenden Anzahl von Breitband-Teilnehmern wird sich der Netzausbau, wie in Abschnitt 5.3.4 für das analoge Breitbandnetz beschrieben, in mehreren Phasen vollziehen.

Zusammenfassend läßt sich sagen, daß ein Breitbandnetz mit digitaler Fernebene evolutionär aus dem vorhandenen Fernsprechnet entstehen kann und dieser Prozeß durch die absehbare Weiterentwicklung des Fernsprechnetzes zu einem integrierten, digitalen Netz unterstützt wird.

5.5 Breitbandnetz mit optischer Nachrichtenübertragung in der Fernebene (Lösung C)

Die optische Nachrichtenübertragung über Glasfasern bietet nach Abschnitt 4.4.4 eine interessante Alternative zur elektrischen Breitbandübertragung über Koaxialkabel. Da die Netze für die Breitbandkommunikation besonders hohen Bandbreitenbedarf auf den Ferntrassen haben, ist anzunehmen, daß sich hier verstärkt die Notwendigkeit ergibt, neue Übertragungsmedien einzuführen. Aus diesem Grunde ist der Einsatz von Glasfaserkabeln auf den Ferntrassen ein realistischer Ansatz für ein weiteres Netzmodell (Lösung C).

Die Technik für Glasfaserkabelnetze steht aus folgenden Gründen z. B. noch nicht bereit:

- Die optischen Bauelemente für den Übertragungskanal (Laser, Glasfaserkabel, optische Koppelinrichtungen und Lichtdetektoren) befinden sich noch im Forschungsstadium.
- Die erforderlichen Breitbandübertragungssysteme sowie die digitalen Breitbandvermittlungen liegen nur konzeptionell vor und bieten noch eine Fülle ungelöster Probleme.
- Die elektronischen Bausteine (Gatter, Schalter, Speicher, Synchronisierungseinrichtungen usw.) für Verarbeitungsgeschwindigkeiten im Gbit/s-Bereich sind mit heutigen Bauelementen nur labormäßig realisierbar und für einen wirtschaftlichen Einsatz noch zu teuer.

Kostenangaben sowie Aussagen über Eigenschaften eines Glasfaserkabelnetzes sind daher vorwiegend als Prognosen zu werten, die zwar vom heutigen Stand der Technik ausgehen, aber eine erhebliche Weiterentwicklung implizieren.

Das als Lösung C bezeichnete Netzmodell ist gekennzeichnet durch:

- Sternstruktur,
- analoge Breitbandübertragung im Ortsnetz auf symmetrischen Kabeln und
- digitale Breitbandübertragung im Fernnetz auf Glasfaserkabeln.

Die Vermittlungseinrichtungen des Ortsnetzes schalten die Breitbandsignale analog durch (Videolage). Im Fernnetz werden die Digitalsignale kanalweise im Räummultiplex vermittelt. Demzufolge müssen die Übertragungsbündel vor jeder Vermittlungsstelle der Fernebene in die einzelnen Digitalkanäle aufgelöst werden.

Das Netz hat damit einen sehr ähnlichen Aufbau wie das Modell nach Abschnitt 5.4 (siehe auch Bild 5.14), lediglich die Analog-Digital-Umsetzung wird bereits am Ausgang der EVSt vorgenommen.

5.6 Digitales Breitbandnetz mit dezentralen Vermittlungen (Lösung D)

Im folgenden wird als Alternative zu den Abschnitten 5.4 und 5.5 ein Breitbandnetz beschrieben, das in einheitlicher Technik bei der Übertragung und Vermittlung vom Teilnehmer bis zur obersten Netzhierarchiestufe digital arbeitet. Dieses Netz stellt einen Entwurf im Hinblick auf die Möglichkeiten der optischen Nachrichtenübertragung mit Halbleiter-Lasern und Glasfasern dar.

Kostenangaben sowie Aussagen über Eigenschaften eines derartigen Netzes sind wie bei Lösung C vorwiegend als Prognosen zu werten.

Die außerordentlichen Erfolge auf dem Gebiet der Laser- und Glasfasertechnik erwecken sehr berechtigte Hoffnungen auf diese Weiterentwicklung. Geht man davon aus, daß

- die Technik für das hier beschriebene Breitbandnetz bereitgestellt werden kann und
- die Kostenschätzungen der britischen Post für den Übertragungskanal und für die vollelektronischen Vermittlungseinrichtungen richtig sind,

dann bietet sich hier in fernerer Zukunft eine Möglichkeit zur Kommunikation mit Bewegtbildübertragung für kommerzielle Ansprüche sowie für den privaten Gebrauch im Rahmen des wirtschaftlich Vertretbaren an. Ein derartiges Netz mit Bewegtbild-Kommunikation bietet eine Übertragungskapazität, die für alle neuen und herkömmlichen Dienste völlig ausreicht, so daß durch Integration von Diensten in einem Netz ein sehr wirtschaftliches Breitbandnetz entstehen könnte. Diese Zukunftsperspektive ist der Anlaß, dem Breitbandnetz auf der Grundlage bestehender Netze ein digitales Breitbandnetz auf der Basis des Laser-Glasfaserkanals gegenüberzustellen.

5.6.1 Prinzip der dezentralen Vermittlung

Wird bei der zentralen Vermittlung in der Teilnehmerebene jedem Teilnehmer eine eigene Leitung bis zur Ortsvermittlungsstelle oder zu einem Konzentrator zur Verfügung gestellt, so sind in dezentral vermittelten Systemen alle Teilnehmer einer Netzgrundeinheit an einen breitbandigen Übertragungspfad angeschlossen (Abschnitt 5.6.1.2). Es ist dabei belanglos, ob es sich um ein Ring- oder Verzweigungsnetz handelt. Dieses Prinzip setzt ein Übertragungsmedium voraus, das leicht verlegbar und dessen Übertragungsgeschwindigkeit groß gegenüber der Bitrate ist, die ein Teilnehmer im Mittel benötigt. Der Laser-Glasfaserkanal wird diesen Forderungen gerecht.

5.6.1.1 Nachrichtenföhrung im Ring bzw. Strang und Knoten

Es muß sichergestellt sein, daß alle in die Netzgrundeinheit eingespeisten Nachrichten jede angeschlossene Teilnehmerschaltung einmal passieren. Dies geschieht beim Ringnetz ohne besondere Vorkehrungen, da die Nachrichten den ganzen Ring durchlaufen (Bild 5.15). Die Teilnehmerschaltungen müssen allerdings vorher ausgesendete Nachrichten auf dem Kanal löschen, ehe sie neue Zeichen in den zugeordneten Zeitplatz einspeisen können. Die Laufzeit in einem Ring verursacht eine Phasenverschiebung zwischen gesendeten und rückempfangenen Zeichen. Damit eine Teilnehmerschaltung sich nicht auf jeden eintreffenden Rahmen neu synchronisieren muß, ist ein Laufzeitausgleich in Form einer Verzögerungsschaltung V1 im Ring notwendig. An dieser Zentralstelle im Ring können auch Nachrichten in andere Ringe bzw. in höhere Hierarchiestufen übergeben werden.

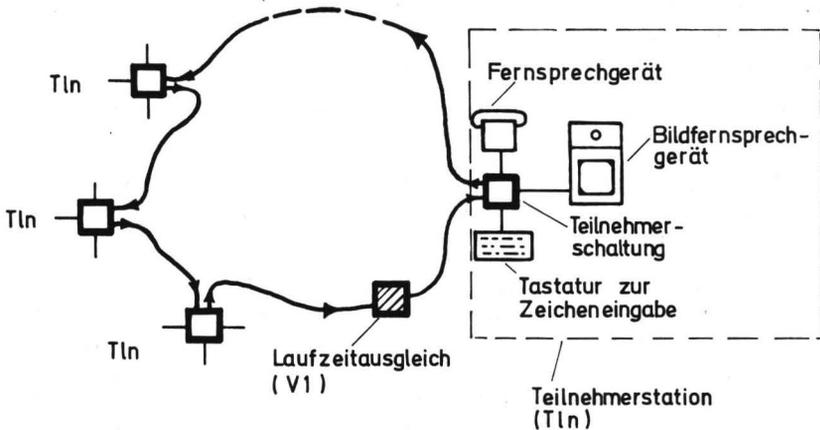


Bild 5.15 Nachrichtenführung im Ring

Der Strang eines Verzweigungsnetzes (Bild 5.16) besteht aus einem Sende- und einem Empfangspfad. Ein Synchronisierzeichengenerator (Sync) speist im Rahmentakt in den Empfangspfad ein Synchronisierzeichen ein. Dieses wird am Ende eines Stranges verzögert und zur Laufzeitausgleich-Schaltung V3 zurückgesendet, während alle anderen Nachrichten im Rahmen des Empfangspfades gelöscht werden. Die Teilnehmer belegen dann die Zeitplätze auf dem Sendepfad. Vor dem Knoten wird der eintreffende Rahmen durch V3 (siehe Bild 5.16) so verzögert, daß das zugehörige Synchronisierzeichen des Rahmens mit dem des Sync koinzident eingespeist wird. Der im Knoten eintreffende Rahmen wird in die Empfangsleitung zurückgesendet. Auf diese Weise empfangen alle Teilnehmer des Strangs alle Nachrichten, die in den Sendepfad des Strangs eingespeist wurden.

Nun können mehrere Stränge in einem Knoten so zusammengeführt werden, daß die Nachrichten aller kommenden (Sende-)Pfade in alle gehenden (Empfangs-)Pfade übertragen werden. Da alle Rahmen auf den Sync synchronisiert sind, entstehen keine Signalüberlagerungen, und alle gesendeten Nachrichten gelangen zu allen Teilnehmern der Netzgrundeinheit. Die Teilnehmerschaltungen erkennen auf den Empfangspfaden die freien Zeitplätze, die für einen Ruf auf dem Sendepfad belegt werden dürfen und belegen diese nach Bedarf. In einem Knoten lassen sich beliebig viele Stränge zusammenführen. Jedes Ende des Stranges kann zu einem Knoten erweitert werden. Auf diese Weise entsteht ein Verzweigungsnetz mit dezentraler Vermittlung. Es muß nur sichergestellt sein, daß im Knotenpunkt die Synchronisierzeichen aller kommenden Leitungen gleichzeitig (koinzident) eintreffen.

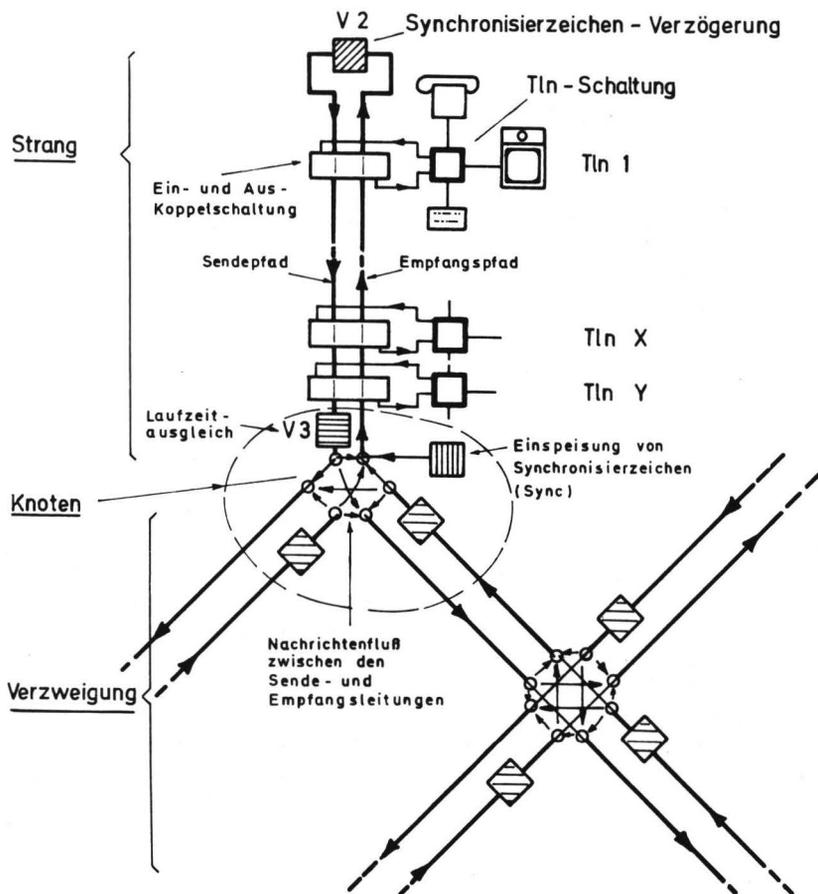


Bild 5.16 Prinzip der dezentralen Vermittlung (Nachrichtenföhrung in Strang und Knoten)

5.6.1.2 Signalübertragung und Verbindung von Teilnehmern

Die Nachrichten der an eine Netzgrundeinheit angeschlossenen Teilnehmer werden auf dem Breitbandkanal im Zeitmultiplex, d. h. zeitlich aufeinanderfolgend, in periodisch wiederkehrenden Zeiträumen übertragen (Bild 5.17). Bei Fernsprechen über PCM-Einrichtungen werden z. B. die Sprachsignale im Abstand von $125 \mu\text{s}$ abgetastet. Jeder Abtastwert (Sample) wird als binäres Codewort gesendet, d. h. die Nachrichtenquelle liefert periodisch im Abstand von $125 \mu\text{s}$ ein Nachrichtenelement an den Zeitmultiplex-Übertragungskanal und bestimmt damit die Rahmendauer für Sprache. Bei PCM verwendet man Codeworte mit 8 bit pro Abtastwert, so daß für das Sprachsignal eine Bitrate von $8000 \text{ Samples/s} \cdot 8 \text{ bit} = 64 \text{ kbit/s}$ entsteht. Hat ein Breit-

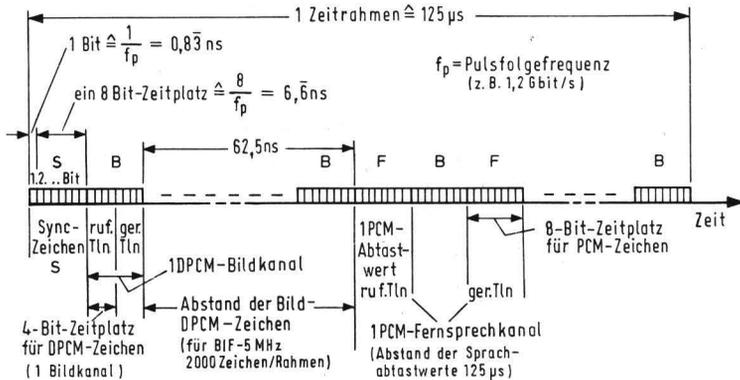


Bild 5.17 Zeitmultiplexprinzip (Feinstruktur eines Zeitrahmens)

bandkanal z. B. die Übertragungsgeschwindigkeit von 1,2 Gbit/s, dann können in einem Rahmen von 125 µs Dauer 1,2 Gbit/s : 64 kbit/s = 18 750 PCM-Sprachkanäle untergebracht werden, d. h., der Rahmen enthält 18 750 8 bit-PCM-Zeitplätze oder — bei Verwendung von Delta-Modulation mit 32 kbit/s — z. B. 2 · 18 750 Zeitplätze à 4 bit. Ein Schwarz/Weiß-Bildsignal mit 48 Mbit/s (z. B. 4 bit-DPCM) würde 1500 derartige 4 bit-Zeitplätze pro Zeitrahmen, ein Farbbildsignal mit redundanter Kanalcodierung und 64 Mbit/s sogar 2000 4 bit-Zeitplätze im Rahmen belegen. Damit können pro Glasfaser bei einer angenommenen Übertragungsgeschwindigkeit von 1,2 Gbit/s 24 bzw. 18 Bildkanäle und gleichzeitig 500 bis 1000 Sprachkanäle untergebracht werden.

Für die Belegung des Rahmens sind prinzipiell zwei Möglichkeiten gegeben:

- a) man belegt den Rahmen zeitlich so, wie die Abtastwerte anfallen (siehe Bild 5.18 a), oder
- b) man sammelt mehrere Abtastwerte in einem Speicher und belegt dann nacheinander mehrere Zeitplätze im Rahmen; dies hat natürlich nur für solche Quellen einen Sinn, die mehrere Abtastwerte pro Rahmen liefern, z. B. Bildsignale (Bild 5.18 b).

Datenquellen, die weniger als einen Zeitplatz pro Rahmen belegen, verursachen periodisch in aufeinanderfolgenden Rahmen freie Zeitplätze (siehe Plätze X in Bild 5.18 b), die nur von gleichartigen Datenquellen noch genutzt werden dürfen.

Im Fall b) können alle anderen freien Zeitplätze von Sprachquellen — und soweit noch hinreichend viele Plätze frei sind, von Bildquellen — belegt werden, während im Fall a) die vollständige Belegung nur möglich ist, wenn je Bildfernsprechkanal (Bildkanal bestehend aus N Fernsprechkanälen und einem Sprachkanal) noch weitere N-1 Sprachkanäle zu übertragen sind.

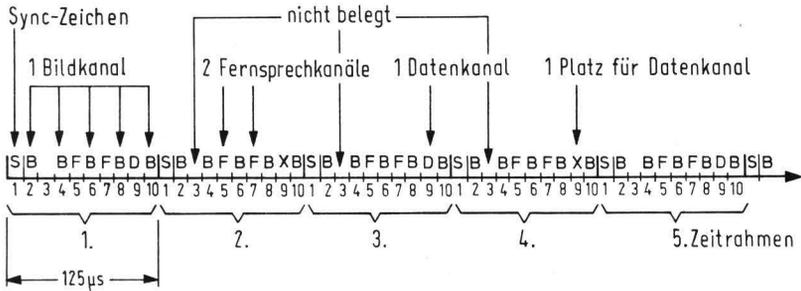


Bild 5.18 a Belegung der Rahmen synchron zur Sprach- und Bildsignalabtastung

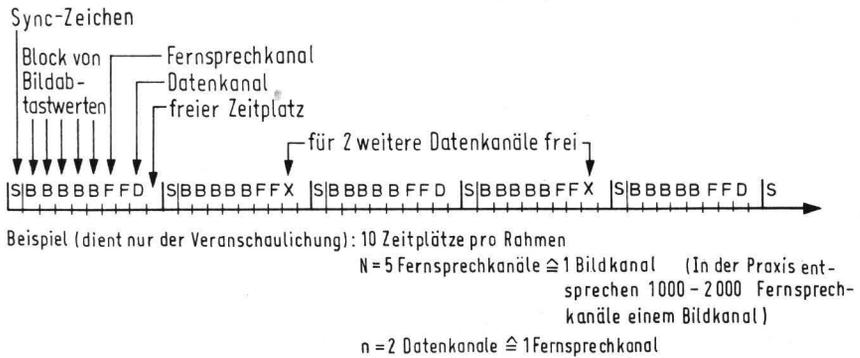


Bild 5.18 b Belegung der Rahmen durch Nachrichtenblöcke aus mehreren Abtastwerten einer Signalquelle

Die Teilnehmerschaltungen einer Netzgrundeinheit bzw. eines gemeinsamen Breitbandübertragungspfades synchronisieren sich auf den Bit- und Rahmen-Takt des Kanals mit Hilfe des Synchronisierzeichens, das z. B. zu Beginn eines Rahmens gesendet wird. Ein rufender Teilnehmer belegt je nach gewünschter Senderate einen oder mehrere freie Zeitplätze pro Rahmen — entsprechend einer der vorher genannten Belegungsstrategien — mit der Adresse des Gerufenen. Dessen Teilnehmerschaltung erkennt automatisch diese Adresse und löst damit das Klingelzeichen aus. Nimmt der Gerufene den Ruf an, dann belegt er automatisch einen oder mehrere freie Zeitplätze pro Rahmen. Beide Teilnehmer senden dann in den von ihnen belegten Zeitplätzen ihre Nachrichten aus, und die zugehörigen Teilnehmerschaltungen entnehmen automatisch von diesen Plätzen die für sie bestimmten Nachrichten. Die Rahmen einer Netzgrundeinheit werden bei allen angeschlossenen Teilnehmern vorübergeführt, so daß jeder mit jedem über diesen Rahmen — den man sich als umlaufende Bahn mit Plätzen für Nachrichtenelemente vorstellen kann — Nachrichten austauschen kann.

5.6.2 Netzstruktur

Als Netzgrundeinheit können Ring- und Verzweigungsnetze mit dezentraler Vermittlung entsprechend Bild 5.15 und 5.16 verwendet werden. Höhere Hierarchiestufen können ebenfalls dezentral vermitteltnd arbeiten oder, wie hier angenommen, als Stern- oder Maschen-netze unter Verwendung von zentralen Zeitmultiplex-Vermittlungen aufgebaut sein (Bild 5.19). Die zentrale Vermittlung in höheren Hier-

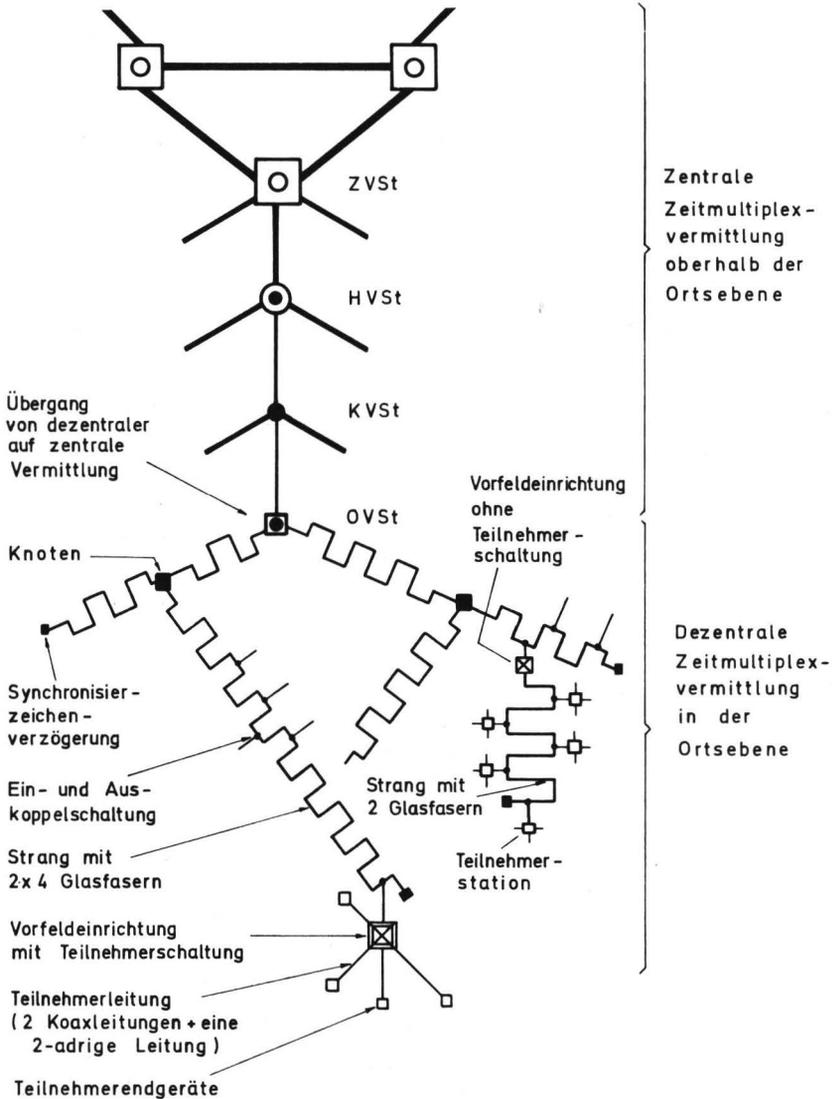


Bild 5.19 Struktur eines digitalen Breitbandnetzes mit dezentraler Vermittlung in der Ortsebene

archiestufen bringt u. U. eine Verminderung der erforderlichen Bündelstärken und damit eine Kostenersparnis. Eine weitere Kostensenkung erhält man durch Vorfeldeinrichtungen in der Teilnehmerebene. Eine Vorfeldeinrichtung übernimmt und überträgt nur diejenigen Nachrichten, die zwischen dem dezentral vermittelnden Strang und den an die Vorfeldeinrichtung angeschlossenen Teilnehmern ausgetauscht werden sollen. Diese Einrichtung kann auch als Konzentrador wirken.

Es ergeben sich zwei Anschlußmöglichkeiten für Teilnehmer:

Die Teilnehmer sind an das der Vorfeldeinrichtung nachgeschaltete Zweifasersystem im Zeitmultiplex bei dezentraler Vermittlung angeschlossen (Bild 5.19). Jede Teilnehmerstation erhält in diesem Falle eine eigene Teilnehmerschaltung sowie Aus- und Einkoppelschaltungen.

Die Vorfeldeinrichtung kann aber auch als gemeinsame Teilnehmerschaltung für alle angeschlossenen Teilnehmer ausgelegt sein. In diesem Falle sind koaxiale oder symmetrische Leitungen zu den Teilnehmerendgeräten zu führen, die die Basisbandsignale und die Steuerzeichen von und zu der Vorfeldeinrichtung zu übertragen haben. Man benötigt dabei nur eine gemeinsame Aus- und Einkoppeleinrichtung auf das Glasfasersystem und kann eine gemeinsame Nutzung von Codern bzw. Kompressionseinrichtungen erreichen, wenn die Vorfeldeinrichtung als Konzentrador wirkt. Dieser Einsparung an Elektronik steht ein Mehraufwand an Leitungen gegenüber, denn es werden für Fernsprechen eine Leitung, für Bildfernsprechen zwei Leitungen und für Verteildienste mindestens nochmals eine Leitung benötigt, wenn von Frequenzmultiplex-Betrieb auf den Leitungen abgesehen wird.

Die Strang- und Verzweigungsstruktur paßt sich besonders günstig an die Straßenführung von Ortschaften an und bietet Vorteile für die Aufrechterhaltung des Fernsprechbetriebes bei einer Leitungsunterbrechung. Je nach örtlicher Verteilung der Teilnehmer erhält man bei Ringnetzen Einsparungen an Leitungsaufwand gegenüber dem Verzweigungsprinzip. An den Übergangsstellen zu höheren Netzebenen (OVSt in Bild 5.19) wird der bezüglich der Netzgrundeinheit kommende und gehende Verkehr vermittelt. Arbeitet die nächsthöhere Hierarchiestufe mit dezentraler Vermittlung, dann wirken diese Übergangsstellen für die betreffenden Hierarchiestufen wie die Teilnehmer einer Netzgrundeinheit. Jede Netzebene benötigt in diesem Falle ein Leitungsnetz, das den Summenverkehr aller angeschlossenen Übergangsstellen übertragen kann. Bei zentraler Vermittlung genügt die Übertragung des kommenden und des gehenden Verkehrs einer Übergangsstelle zu der Zentrale der nächsten Hierarchiestufe. Diese Ausführungen zeigen, daß die Optimierung der Netzstruktur nach verschiedenen Gesichtspunkten erfolgen kann. Die Übertragungspfade einer Netzgrundeinheit müssen den Summenverkehr aller angeschlossenen Teilnehmer aufnehmen.

Oben wurde erläutert, daß eine Bitrate von 1,2 Gbit/s für ca. 18 bzw. 24 Bildkanäle und gleichzeitig ca. 1000 Sprachkanäle hinreichend ist.

Bei einem Verkehrsaufkommen von 0,05 Erlang können, je nach zulässigem Verlust, ca. 400 Bildteilnehmer pro Glasfaser angeschlossen werden. Einfaserbetrieb führt also zu relativ kleinen Netzgrundeinheiten, so daß es daher sinnvoll ist, Nachrichtenpfade auch in der Netzgrundeinheit aus Mehrfasersystemen aufzubauen. Da bei Bildübertragung voraussichtlich mit n-bit-DPCM gearbeitet wird, sind Bündel, bestehend aus n phasen-synchron arbeitenden Fasern, sinnvoll, weil dann im Nachrichtenpfad jeweils ein n-bit-DPCM-Wort parallel übertragen werden kann. Es ist günstig, die Rundfunkverteilung (Bild und Ton) nur in den höheren Netzebenen und in der untersten Teilnehmerebene in das System zu integrieren. In der Ebene der Vorfeldeinrichtungen sollten die Verteildienste auf einer gesonderten Faser übertragen werden.

Daraus folgt nun eine Struktur, wie sie in Bild 5.20 dargestellt ist:

Die Teilnehmerstation enthält Fernseh- und Bildfernsprecheinrichtungen mit den zugehörigen Codern und Decodern. Dabei wird Fernsehen mit PCM (64 kbit/s) oder Delta-Modulation (32 kbit/s) über Coder (C) und Decoder (DC) durchgeführt.

Bildfernsprechsignale werden mit 4-bit-DPCM bei einer Bitrate von 48 Mbit/s codiert (C 1, DC 1).

Für Fernsehen (DC 2) und farbiges Bildfernsprechen ist beim Teilnehmer eine Bitrate von 64 Mbit/s vorgesehen.

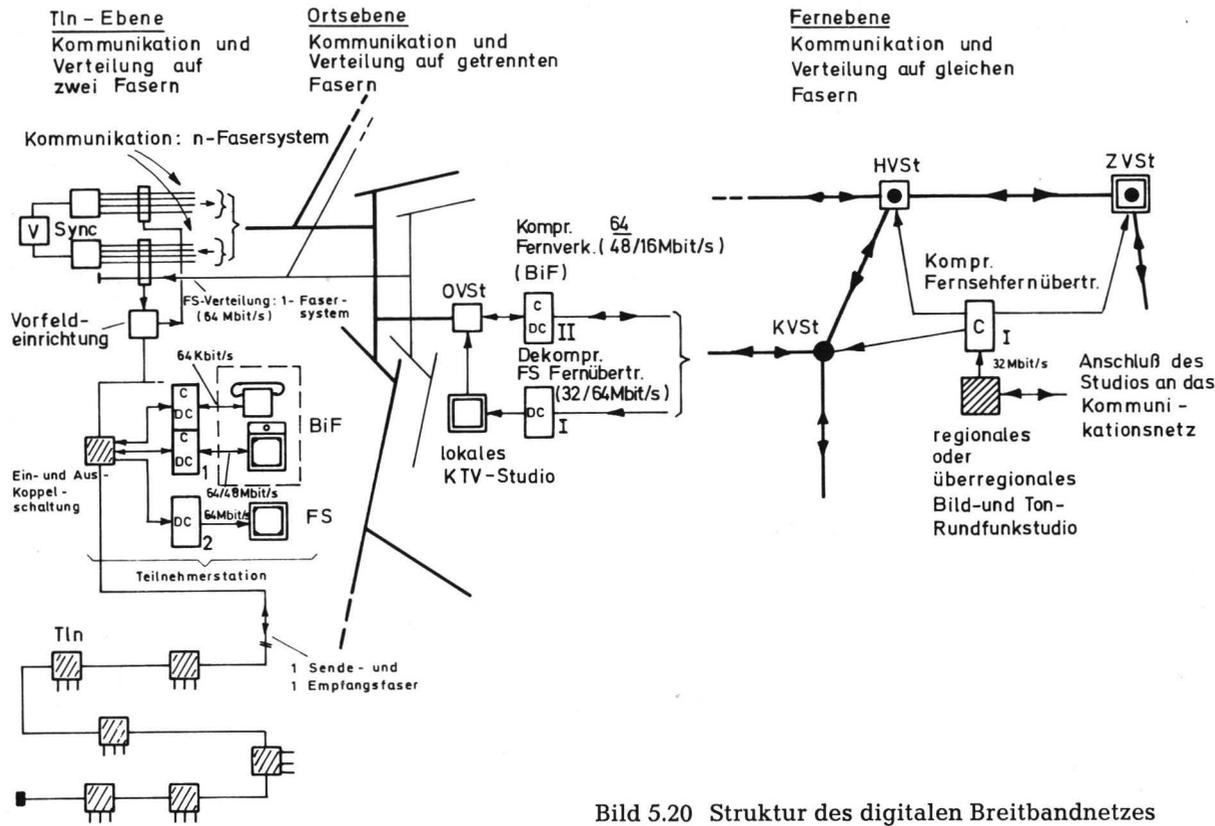
Vom Teilnehmergerät bis zur Vorfeldeinrichtung werden Kommunikations- und Verteildienste auf einem 2-Faser-System mit einer Sende- und einer Empfangsfaser oder über ein Bündel aus Kupferleitungen getrennt geführt.

Im Bereich der Vorfeldeinrichtungen bestehen Sende- und Empfangspfade aus einem oder mehreren Bündeln zu je n parallel betriebenen Fasern. Eine weitere Faser überträgt die Verteilsignale (z. B. Fernsehen, Rundfunk). Teilnehmer können an dieses System auch direkt ohne Vorfeldeinrichtungen angeschlossen werden.

In höheren Ebenen sind Verteil- und Kommunikationsdienste in Ferntrassen integriert, die aus dem Vielfachen von n-Faser-Bündeln bestehen.

Die Gespräche aus einem n-Faser-Bündel mit dezentraler Vermittlung werden durch eine Ortsvermittlungsstelle (OVSt) in andere n-Faser-Bündel zentral vermittelt. Hier geschieht auch die Überleitung in die zentral vermittelten höheren Netzebenen.

An die OVSt ist evtl. auch das lokale Kabelfernsehstudio (KTV-Studio) angeschlossen, das von überregionalen Studios über das digitale Breitbandnetz Sendungen empfängt. Die Bildsignale der überregionalen Studios werden mit dem Coder (C I) auf 32 Mbit/s komprimiert und in das Digitalnetz eingespeist. Die erste Dekompression von 32 Mbit/s auf 64 Mbit/s geschieht im lokalen Studio durch einen Decoder (DC I). Die Kabelfernsehsignale gelangen dann mit dieser Bitrate über die Verteilfaser der Ortsebene zu den Vorfeldeinrichtungen bzw. bis zum Teilnehmer.



Schwarz/Weiß-Bildfernsehsignale werden in der OVSt durch einen Bild-zu-Bild-Coder (C II) von 48 Mbit/s auf 16 Mbit/s vor der Fernübertragung komprimiert bzw. als kommende Signale von 16 auf 48 Mbit/s dekomprimiert (DC II).

Bild 5.20 Struktur des digitalen Breitbandnetzes

5.6.3 Einführungsstrategie

In Abschnitt 6.5.3.2 wird gezeigt, daß zwischen analogen und digitalen Breitbandnetzen uneingeschränkt Kompatibilität hergestellt werden kann, d. h., zwischen beliebigen Hierarchiestufen dieser beiden Netzarten und dem bestehenden Fernsprechnetzen können Übergänge geschaffen werden.

Die Einführung der Breitbandkommunikation wird voraussichtlich dort beginnen, wo durch diesen neuen Dienst entweder wirtschaftliche Vorteile entstehen oder Erleichterungen und Verbesserungen am Arbeitsplatz und für komplexe Arbeitsabläufe bei Produktion, Handel und Verwaltung herbeigeführt werden. Eine Massen Anwendung für privates Bildfernsprechen ist vermutlich der zweite Schritt, da die natürliche Kommunikation zwischen Menschen in Bild und Ton erfolgt, so daß Fernsprechen allein auf die Dauer nicht befriedigen wird. Besonders für diesen zweiten Schritt muß durch technischen Fortschritt die Kostenbarriere überwunden werden.

Wirtschaftliche Vorteile sind denkbar, wenn z. B. durch Bildübertragung der Versand von Schriftstücken und Zeichnungen entfällt oder Dienstwege und Dienstreisen eingespart werden können. Der schnellere Nachrichtenaustausch bietet in beiden Fällen Vorteile. Fachgespräche finden meist unter Zuhilfenahme von „Papier und Bleistift“ statt, so daß Fernsprechen mit gleichzeitiger Bildübertragung eine erhebliche Erleichterung darstellt. Die Möglichkeit, ständig aktuelle Nachrichten in Bild und Ton auf Abfrage zu erhalten, sowie der Zugriff zu Bibliotheken, Registraturen und Datenbanken über ein Bildterminal sind sicher als Verbesserungen am Arbeitsplatz zu werten.

So trägt beispielsweise die Bildverbindung zwischen Werkstatt, Lager und Werkzeugausgabe zur Erhöhung der Produktivität bei und erspart Facharbeitern Dienstgänge. Es ist daher zu erwarten, daß Breitbandanlagen als Kommunikationsinseln zunächst in Verwaltungen, Konzernen und sonstigen Unternehmen, wie z. B. auch in Krankenhäusern Anwendung finden.

Wenn die Prognose richtig ist, daß digitale Systeme langfristig die wirtschaftlichere Lösung darstellen, dann sollten diese Inseln mit digitaler Nachrichtenübertragung und -vermittlung arbeiten. Durch die eingangs erwähnten Kompatibilitätsmöglichkeiten lassen sich die Breitbandinseln in Form von Nebenstellen über neu zu verlegende Breitbandsysteme mit Fernsprechvermittlungsstellen verbinden. Der Fernsprechverkehr ist damit ohne Einschränkung gewährleistet.

Zur Fernübertragung der Breitbandsignale müssen zunächst Trägerfrequenzgruppen zu Breitbandkanälen zusammengeschaltet werden. Solange nur einige Breitbandinseln mit starkem Verkehrsaufkommen existieren, sind festgeschaltete Mietleitungen u. U. benutzbar. Vollelektronische Koppelfelder zur Durchschaltung von Breitbandsignalen bis zu 20 MHz Bandbreite sind bereits heute in Labors realisiert, so daß auch eine Vermittlung der analogen Breitband-

signale möglich ist, wenn bestehende Vermittlungsstellen durch derartige Koppelfelder ergänzt werden. Die Steuerung dieser Koppelfelder kann von den Steuereinrichtungen der konventionellen Vermittlungen übernommen werden.

Digitale Ortsvermittlungen und analoge Übertragung in der Fernebene könnten damit der erste Schritt in Richtung auf ein Breitbandnetz sein (siehe Bild 5.21). Die genannte Strategie setzt zunächst noch einen weiteren Ausbau des konventionellen Fernübertragungsnetzes und eine Ergänzung der heutigen Vermittlungsstellen voraus.

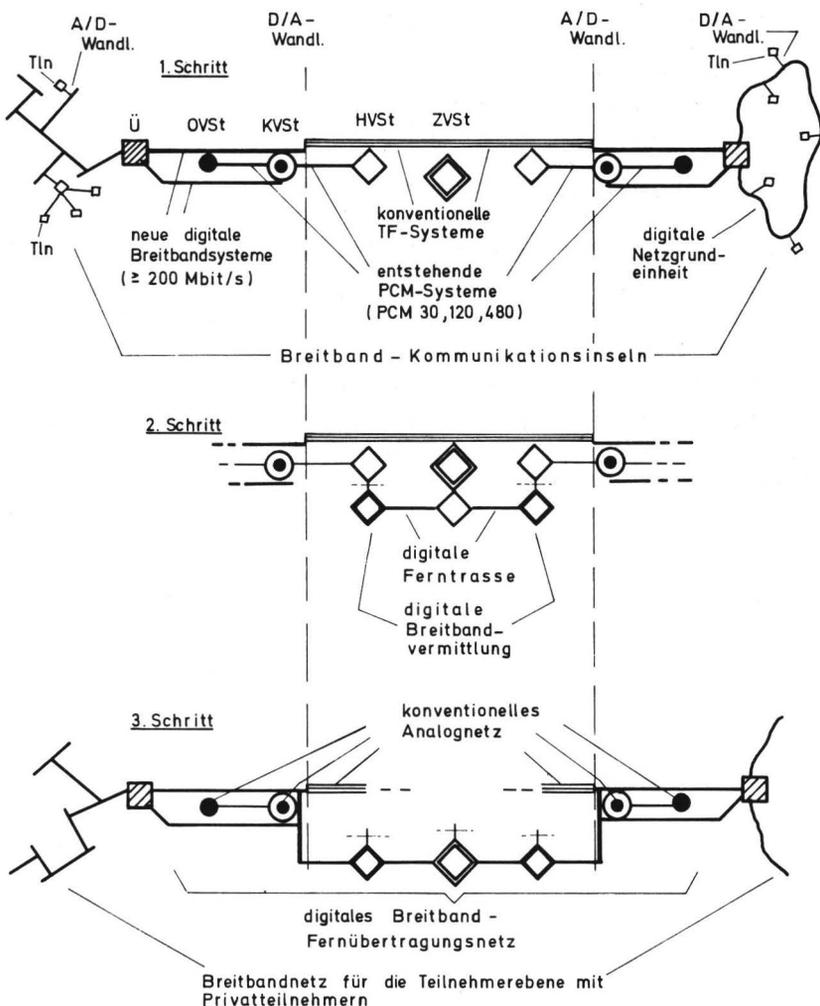


Bild 5.21 Einführungsstrategie für ein digitales Breitbandnetz mit dezentraler Vermittlung

Sobald hinreichend viele Breitbandinseln existieren und Glasfaserferntrassen technisch einsatzfähig sind, könnten die Breitband-Trägerfrequenz-Bündel durch digitale Ferntrassen ergänzt oder ersetzt werden.

Diesen zweiten Schritt sollte man dann vollziehen, wenn die digitalen Breitbandsignale auch ohne Umsetzung in die analogen Basisbänder im Zeitmultiplex vermittelbar sind.

Die Einführung des privaten Bildfernsprechens kann dann im dritten Schritt durch Verlegen von Glasfasersystemen mit dezentraler Vermittlung in der Teilnehmerebene geschehen, wie in Abschnitt 5.6.2 beschrieben. Das Kabelfernsehen würde in der untersten Teilnehmerebene dafür die Leitungen bereits anbieten, wenn man für die breite Einführung dieses Dienstes die Entwicklung von Glasfasersystemen mit Bitraten von mehr als 1 Gbit/s abwartet. Vorher wird jedoch PCM in unteren Hierarchiestufen des heutigen Netzes bereits eingeführt sein (PCM 30, 120, 480). Diese PCM-Gruppen können dann von digitalen Ferntrassen durch Zeitmultiplex-Gruppenumsetzer übernommen werden. Auf diese Weise (Bild 5.21) entsteht durch allmähliches Zusammenwachsen der drei Nachrichtenebenen

- Digitale Breitband-Teilnehmerebene (ab Kommunikationsinsel)
- Verbindungen zwischen Orts- und Knotenvermittlungsstellen über PCM-Strecken und
- Digitale Fernebene mit zentralen Zeitmultiplex-Vermittlungen

ein digitales Breitbandnetz, das in einheitlicher Technik alle Dienste integrieren könnte und voraussichtlich eine wirtschaftlich vertretbare Lösung für die Breitbandkommunikation darstellt.

6 Möglichkeiten der Breitbandvermittlung

In diesem Kapitel werden die Möglichkeiten der Gestaltung von Breitbandvermittlungsstellen und deren Problematik besonders ausführlich dargelegt, weil die Entwicklung auf diesem Gebiet noch sehr im Fluß ist. Dabei wird hier generell davon ausgegangen, daß die Breitbandkoppelfelder von einem Rechner des elektronischen Wähl-systems EWS gesteuert werden.

6.1 Vermittlungstechnische Anforderungen

6.1.1 Breitbandkanal

Die Durchschaltung von Breitband-Analogsignalen erfolgt im Raumvielfach. Das Koppelnetz soll 5MHz-Breitbandsignale volltransparent durchschalten. Dabei gelten folgende übertragungstechnische Bedingungen (von Hauptverteiler zu Hauptverteiler):

— Dämpfung	≤ 5 dB
— Dämpfungsunterschied (verschiedene Verbindungen)	≤ 1 dB
— Dämpfungsinkonstanz (zeitlich)	≤ 1 dB
— Dämpfungsverzerrung (gegen Sollverlauf)	$\leq 0,5$ dB
— Nebensprechdämpfung	≥ 60 dB
— Geräuschabstand gegen Schwarz/Weiß-Wert	≥ 60 dB
— Symmetriedämpfung	≥ 40 dB

Für den Fall, daß Übertragungsstrecken des Breitbandnetzes in Digitaltechnik ausgeführt werden, ist es vorteilhaft, auch für das Durchschalten in den anschließenden Vermittlungsstellen die Digitalform der Breitbandsignale beizubehalten. Wegen der hohen Bitrate je Kanal kann dies beim heutigen Stand der Technik nur kanalweise geschehen; d. h., das Koppelnetz wird als reine Raumvielfach-Anordnung ausgeführt. Als obere Grenze für die Bitrate je Kanal können 64 Mbit/s angesehen werden.

Inwieweit in fernerer Zukunft digitale Breitbandsignale einmal wirtschaftlich über Zeitvielfach-Koppelanordnungen durchgeschaltet werden können, ist heute noch nicht zu übersehen.

6.1.2 Verbindungsaufbau

Für die Zeichengabe am Teilnehmer-Endgerät stehen die 12 (13) Tasten des Tastwahl-Fernsprechapparates zur Verfügung. Da in diesem Bericht angenommen wird, daß das Bildfernsprechen als dominierender Anwendungsfall in einem vermittelten Breitbandnetz anzusehen ist, sollen die anderen Breitbanddienste als besondere Leistungsmerkmale des Bildfernsprechnetzes behandelt werden.

Der Wählvorgang soll über Sonderzeichen plus Dienstkennziffer (-zahl) eingeleitet werden. Werden für verschiedene Breitbanddienste unterschiedliche Benutzungsgebühren erhoben, so sind sie durch je eine eigene Dienstkennzahl gekennzeichnet.

Teilnehmer mit Breitbandanschluß erhalten für diesen die gleiche Rufnummer wie für ihren Fernsprechanschluß. Zur Unterscheidung von normalen Fernsprechanschlüssen dient ein Zusatz im Fernsprechtischbuch. Werden Endgeräte mit unterschiedlichen Normen verwendet, so wird auch dies durch einen entsprechenden Vermerk im Fernsprechtischbuch angegeben. Falls irrtümlich eine Endstelle mit fremder Norm angewählt wird, so soll der rufende Teilnehmer allenfalls durch einen optischen oder akustischen Hinweis von der Ziel-Vermittlungsstelle aus auf seinen Irrtum aufmerksam gemacht werden.

Bei den Bildfernsprech-Endgeräten ist ein spezieller „Bildruf“ vorzusehen zur Unterscheidung gegenüber normalen Telefonanrufen. Mit der 13. Taste am Tastwahlapparat soll der Teilnehmer die Möglichkeit haben, vermittlungstechnische Veränderungen aus dem Verbindungszustand heraus einzuleiten („Herbeiruf“). Das Leistungsmerkmal „Anklopfen“ für alle Fernsprechverbindungen, die auf einen besetzten Bildfernsprech-Anschluß stoßen, wäre an sich wünschenswert, da ein solcher Anschluß z. B. bei Bildfernsprechkonferenz relativ lange belegt sein kann und dadurch den Fernsprechverkehr unangenehm behindert. Dieses Leistungsmerkmal müßte jedoch allen Fernsprechteilnehmern im gesamten Netz zur Verfügung gestellt werden (aktive Seite). Wegen des hohen Aufwandes soll hier darauf verzichtet werden.

Für die Bildfernsprech-Konferenz ist eine besondere Dienstkennzahl vorzusehen, um die übertragungstechnische Sonderbehandlung und die spezielle Gebührenerfassung einzuleiten. Von den bekannten Methoden für den Aufbau von Konferenzverbindungen, nämlich „preset“ (Voreinstellung), „meet-me“ (Treffpunkt) und „add-on“ (Hereinrufen), wird letztere in einer speziellen Variante als die hier günstigste Form vorgesehen. Der Einberufer der Bildfernsprech-Konferenz wählt dabei zunächst einen Konferenzknoten an und stellt anschließend die Verbindungen zu den übrigen Teilnehmern her. Der Konferenzknoten wird stets im Vierdrahtbereich des Fernsprechnetzes angeordnet, um günstige übertragungstechnische Bedingungen für die Sprechverbindungen zu haben. Für den Konferenzverlauf wirkt es sich vorteilhaft aus, wenn auf dem Bildschirm der jeweilige Sprecher erscheint. Die Bildumsteuerung wird dabei vom Konferenzleiter nach folgender Regel veranlaßt:

- der jeweilige Sprecher sieht den Konferenzleiter,
- alle anderen sehen den Sprecher,
- spricht der Konferenzleiter selbst, so erhält er ein geeignetes, stehendes Bild („Ersatzbild“) oder aber das Bild seines Hauptpartners in der Konferenzrunde.

Bei allen Arten des Bewegtbildabrufs in Dialogform stehen dem Teilnehmer die Zeichengabe-Möglichkeiten des Tastwahlapparates zur

Verfügung. Sie können im gleichen Umfang wie beim einfachen Datendienst (begrenzte Zeichenzahl, geringe Geschwindigkeit) in Anspruch genommen werden.

6.1.3 Vermittlungstechnische Signale

Die Signalisierungs-Geschwindigkeit soll etwa wie im Fernsprechnetzwählt werden. Sie braucht nicht höher zu sein, soll aber auch nicht wesentlich niedriger liegen. Nachrichtenkanäle (Sprech- und Bildkanäle) können für die Signalisierung mitbenutzt werden, soweit der Nachrichtenaustausch und der Austausch von Steuersignalen zwischen den Endstellen dadurch nicht behindert wird.

Die Auswahl der Signalisierungs-Verfahren soll nach den gleichen Grundsätzen geschehen, wie sie üblicherweise in Fernsprechnetzen angewendet werden:

- unnötige Belegung von Leitungen und Vermittlungseinrichtungen ist möglichst zu vermeiden,
- legt der anrufende Teilnehmer (A-Teilnehmer) auf, so muß dies aus jedem Aufbauzustand heraus zur Verbindungsauslösung (Rückführung in die Ruhestellung) führen,
- bei Impulssignalen irgendwelcher Art (im Gegensatz zu Dauersignalen) muß stets dafür gesorgt werden, daß Signalverstümmelung nicht zur Selbstblockierung führen kann,
- in allen Phasen des Verbindungsaufbaus, in denen Wartesituationen entstehen (Leitungen, zentrale Steuergeräte usw.) muß der Teilnehmer durch Hinweise (Ton, Ansage, Bild) informiert werden, wann er den Wählvorgang fortsetzen darf.

Signalisierungs-Einrichtungen des Fernsprechnetzes dürfen in Anspruch genommen werden mit der Maßgabe, daß die Signalisierungsmöglichkeiten im Fernsprechnetzwadurch nicht eingeschränkt werden. Andererseits sollte die Einführung der Breitbanddienste nicht mit zusätzlichen Signalisierungs-Bedingungen für den normalen Fernsprechdienst verbunden sein.

Das mit der 13. Taste des Fernsprechapparates ausgelöste Herbeirufsignal steht mit sinngemäß gleicher Bedeutung wie im normalen Fernsprechnetzwur Verfügung.

Für die Bildumsteuerung bei der Bildfernsprech-Konferenz werden besondere Signale benötigt. Dabei müssen folgende Bedingungen beachtet werden:

- das Signal muß jeweils sofort wirksam werden,
- es muß sich eindeutig von allen anderen vermittlungstechnischen Signalen unterscheiden und
- es darf die Sprech- bzw. Bildverbindung nicht in lästiger Weise stören.

Solche Signale können wiederum über die Tastatur des Fernsprechapparates eingegeben werden. Die Betriebsbedingungen entsprechen

denen des einfachen Datendienstes, wobei der Konferenzknoten die Gegenstelle bildet. Durch eine Split-Einrichtung („Signalabtrennung“) beim Signalempfänger kann das Imitieren der Bildumsteuerung durch andere Konferenzteilnehmer unterbunden werden.

6.1.4 Steuersignale zwischen Endstellen

Zur Übertragung der Steuersignale zwischen den Endstellen kann sowohl der Sprechkanal als auch der Breitbandkanal benutzt werden. Wird der Fernsprechkanal gewählt, so kann der Zeichen- bzw. Signalvorrat des einfachen Datendienstes voll in Anspruch genommen werden. Ein Überschreiten dieses Spielraums ist jedoch nicht zulässig. Ferner ist auf strenge Abgrenzung gegenüber der Signalisierung für den Verbindungsaufbau zu achten, da der gleiche Signalvorrat benutzt wird.

6.1.5 Vollständigkeitskontrolle (Continuity check)

In allen Fällen, wo die Signalisierung für den Verbindungsaufbau nicht oder nur teilweise im Nachrichtenkanal verläuft, besteht die Gefahr, daß zwar der angerufene Teilnehmer (B-Teilnehmer) per Signalisierung erreicht wird, der zugehörige Nachrichtenkanal jedoch irgendwo unterbrochen ist (Leitungs-, Kanalunterbrechung; Funktionsversagen in einer Vermittlungsstelle). Deshalb ist es erforderlich, daß die Vollständigkeit des Nachrichtenkanals während des Verbindungsaufbaus oder unmittelbar anschließend überprüft wird. Dies ist sowohl für den Sprechweg als auch für den Breitbandkanal erforderlich.

Hierfür gibt es folgende Möglichkeiten:

- Vollständigkeitskontrolle in lückenlos aneinander anschließenden oder überlappenden Abschnitten,
- Vollständigkeitskontrolle nach vollendetem Verbindungsaufbau (z. B. durchgehende Kanalschleife bilden). Ruf zum B-Teilnehmer erst, wenn das Prüfergebnis positiv ist; wenn nicht, Rückauslösen und Besetztgabe; automatische Sperrung (und eventuell Alarmgabe) des defekten Teils,
- Vollständigkeitskontrolle beim Auslösen: Auslösesignal (vorwärts) wird über den Nachrichtenkanal rückwärts quittiert (Lösung Selbstwähl-Ferndienst in der Bundesrepublik Deutschland). Damit ist auch auf einfache Weise eine Fehlerortung realisierbar.

Welche dieser drei Methoden benutzt wird, sollte sich danach richten, wie sie sich am günstigsten in die Vermittlungseinrichtungen einfügen lassen.

6.1.6 Gebührenerfassung und -anzeige

Bei der Realisierung der Breitbandvermittlungstechnik ist davon auszugehen, daß die Gebührenerfassung und -anzeige in einer den Maßstäben des Fernsprechnetzes angepaßten Art erfolgt.

6.2 Realisierungsmöglichkeiten unter Mitbenutzung von Einrichtungen des Fernsprechnetzes

6.2.1 Einpassung der Vermittlung in das Breitbandnetz

Im Kapitel 5 wird vorausgesetzt, daß die Breitbandsignale auf den gleichen Trassen geführt werden wie die Signale des Fernsprechens. Außerdem soll sich das Breitbandkommunikationsnetz nach der gleichen Topografie wie das Fernsprechnetz entwickeln und als zusätzliches Leistungsmerkmal des Fernsprechens betrachtet werden. Damit erscheint es sinnvoll, Breitband-Vermittlungen und Fernsprech-Vermittlungen zusammenzufassen. In Analogie zur Struktur des Fernsprechnetzes erfordert die Breitbandtechnik demnach ebenfalls End- und Transitvermittlungen.

Wie bereits in Abschnitt 5.3.3 ausgeführt, lassen sich die herkömmlichen Einrichtungen der Fernsprech-Vermittlungsstellen nicht für die Breitband-Vermittlung verwenden. Vielmehr sind wegen der erweiterten steuerungs- und übertragungstechnischen Anforderungen Lösungen erst mit dem neuen, rechnergesteuerten elektronischen Vermittlungssystem EWS möglich. Deshalb wird die Breitbandvermittlung im öffentlichen Bereich hier nur in Zusammenhang mit EWS betrachtet und ist von dessen Einführung abhängig. Im Bereich von Nebenstellenanlagen kann sich inzwischen davon unabhängig bereits die innerbetriebliche Nutzung der Breitbandkommunikation entwickelt haben.

Die hier dargelegten Gedanken zur Realisierung setzen deshalb einen „eingeschwungenen Zustand“ des EWS-Ausbaus voraus. Probleme, die sich während der Einführung ergeben könnten, sollen nicht betrachtet werden.

Aus der Forderung, daß die vermittelte Breitbandkommunikation ein Zusatz zum Fernsprechsystem sein soll, folgt:

- mit einer Breitbandverbindung wird auch stets eine Sprechverbindung hergestellt,
- eine Sprechverbindung muß auch dann noch bereitgestellt werden können, wenn (z. B. Netzausfall) der Breitbandteil des Terminals beim Teilnehmer nicht betriebsfähig ist,
- der Breitbandteilnehmer kann sich zwischen einer reinen Sprechverbindung und einer Breitbandverbindung (einschließlich eines Sprechweges) entscheiden,
- in beiden Fällen wird beim Teilnehmer für Fernsprechen und Signalisierung das Telefon benutzt.

Die zusätzlichen Aufgaben des Vermittlungssystems für die Breitbandvermittlung erfordern demnach die Lösung von Steuerungs- und Übertragungsproblemen. Die Steuerungsprobleme können durch „Mitsteuern der Breitbandvermittlung“ vom Steuerrechner des bestehenden EWS-Vermittlungssystems gelöst werden.

6.2.2 Mitsteuerung der Breitbandvermittlung

6.2.2.1 Arbeitsweise einer elektronisch gesteuerten Fernsprechvermittlung (EWS)

Eine EWS-Vermittlungsstelle (Bild 6.1) besteht aus dem Vermittlungsrechner und der vermittlungstechnischen Peripherie, im wesentlichen bestehend aus dem Koppelnetzwerk (KN) und den Sätzen (z. B. Externsatz, ES). Die Teilnehmer sind mit ihren Sprechadern über ihre Teilnehmerschaltung (TS), die Leitungen zu anderen Vermittlungsstellen über Externsätze an das Sprech-Koppelnetzwerk (S-KN) angeschlossen.

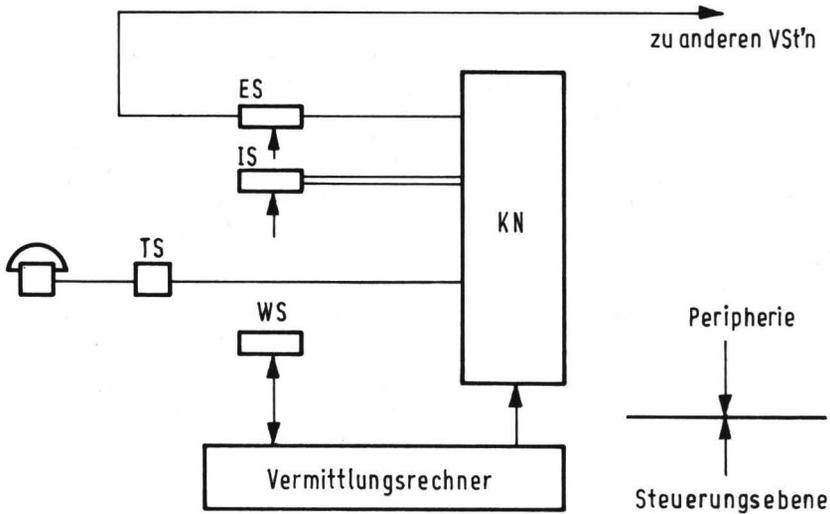


Bild 6.1 Struktur einer EWS-Vermittlungsstelle

In derartigen, rechnergesteuerten Vermittlungssystemen veranlaßt der Vermittlungsrechner die Durchschaltung einer Verbindung zwischen dem rufenden Teilnehmer (A-Tln) und dem gerufenen Teilnehmer (B-Tln) im Sprech-Koppelnetzwerk entsprechend dem Verbindungswunsch des A-Teilnehmers.

Für eine Verbindung zwischen Teilnehmern der gleichen Vermittlungseinrichtung (Internverkehr) laufen dabei folgende wesentliche Funktionen ab:

Nachdem der Vermittlungsrechner den Verbindungswunsch („Abnehmen des Hörers“) eines A-Teilnehmers erkannt hat, veranlaßt er, daß der Teilnehmer über einen Wahlsatz (WS) den Wählton bekommt. Die vom Teilnehmer gewählten Ziffern werden von dem (nur für die Dauer der Wahl über das Koppelnetzwerk angeschalteten) WS aufgenommen und dem Vermittlungsrechner zur Auswertung bereitgestellt.

Nach Beendigung der Wahl kann der B-Teilnehmer (sofern er „frei“ ist) über den eingeschalteten Internsatz (IS) gerufen werden. Wenn sich der gerufene Teilnehmer (B-Tln) meldet, ist die Sprechverbindung über KN und IS hergestellt.

Die Verbindung zu Teilnehmern, die nicht zur gleichen Vermittlungseinrichtung gehören, erfolgt als Externverbindung über je einen Externsatz (ES) in der eigenen und der Vermittlung des B-Teilnehmers. Dafür ist es notwendig, daß die Vermittlungsrechner der beteiligten Vermittlungseinrichtungen untereinander in einen Datenaustausch treten, um beispielsweise die Nummer des gewünschten B-Teilnehmers von der Ursprungsvermittlung in die Zielvermittlung übertragen zu können. Die für die vermittlungstechnischen Abläufe in der Peripherie jeweils erforderlichen Schaltvorgänge werden vom Rechner über Steuerprogramme ermittelt und veranlaßt.

6.2.2.2 *Einrichtungen einer Breitbandvermittlung*

Das Sprech-Koppelnetzwerk einer Fernsprech-Vermittlungsstelle schaltet die Verbindung im Ortsverkehr 2dräftig durch. Für die 4dräftige Durchschaltung bei Breitband-Verbindungen ist ein zusätzliches Breitband-Koppelnetzwerk (BB-KN) erforderlich. Weitere andersgeartete Anteile der Peripherie bei Breitbandverbindungen sind (siehe Bild 6.2):

- Breitband-Externsätze (BB-ES) für die Breitbandverbindung zu anderen Vermittlungen,
- Breitband-Internsätze (BB-IS) für die Breitbandverbindung zu Teilnehmern der gleichen Vermittlung,
- Sätze für Prüfung und Wartung entsprechend den Anforderungen der Breitbandtechnik.

Die aufgeführten peripheren Einrichtungen für die Breitbandtechnik müssen mittels zusätzlicher oder erweiterter Programme vom Vermittlungsrechner mitgesteuert werden.

6.2.2.3 *Arbeitsweise der Mitsteuerung*

Die Arbeitsweise der Mitsteuerung wird anhand des Ablaufs von Intern- und Externverkehr beschrieben:

a) Internverkehr

Vor Beginn des Verbindungsaufbaus erhält der Teilnehmer aus dem Wahlsatz einen Wählton. Bis zu dem Zeitpunkt sind die Steuerungsabläufe für Breitband- und Fernsprechverbindung gleich. Der Teilnehmer teilt dem Vermittlungssystem nun den Wunsch nach einer Breitbandverbindung durch ein Vorkennzeichen aus dem Zeichenvorrat des Fernsprechapparates (Sonderzeichen und/oder Ziffer) mit.

Das vom Wahlsatz aufgenommene Vorkennzeichen wird vom Vermittlungsrechner ausgewertet. Daraufhin wird die Breitbandberechtigung des Teilnehmers geprüft. Nicht breitbandberechtigte

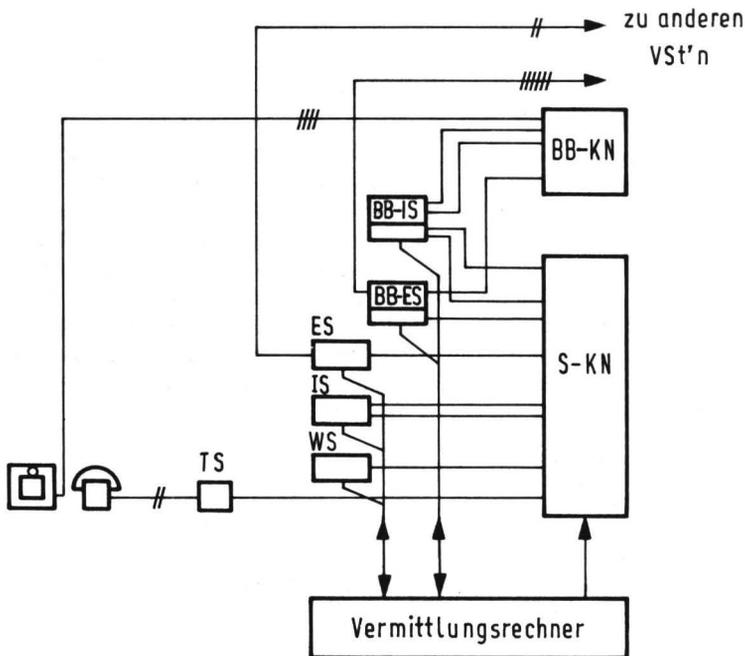


Bild 6.2 Erweiterung einer EWS-Vermittlungsstelle auf eine Breitband-Vermittlung mittels Mitsteuerung

Teilnehmer erhalten „Besetzt“. Die gewählten Ziffern werden vom Vermittlungsrechner bewertet. Stellt das Bewertungsprogramm eine Internverbindung fest (Verbindung zu einem Teilnehmer der gleichen Vermittlungsstelle), so wartet es das Einlaufen aller Ziffern der Nummer des B-Teilnehmers ab. Es schließt sich nun eine Berechtigungsprüfung für den B-Teilnehmer an. Liegt auch für den B-Teilnehmer die Breitband-Berechtigung vor, dann laufen die Programme „Auswahl eines BB-IS“ und „Wegesuche zum BB-IS“ ab.

Das Ergebnis der Wegesuche führt zum Schließen der entsprechenden Kontakte des S-KN und BB-KN. Damit sind die Breitbandteilnehmer nach Bild 6.3 über den Bild-Internsatz miteinander verbunden (BB-Tln 1 und BB-Tln 2).

Nach einer über den BB-IS durchgeführten Prüfung der Breitbandleitungen beider Teilnehmer laufen die weiteren Vorgänge wie bei einer Sprechverbindung ab. Ein Sonderruf als Zeichen für eine ankommende Breitbandverbindung kann, ohne den Sprechanteil der Vermittlungseinrichtung zu belasten, im Teilnehmerapparat selbst erzeugt werden.

b) Externverkehr

Folgt nach Wahl der Breitband-Ausscheidungskennziffer(n) die Nummer eines externen B-Teilnehmers, so wird nach Bild 6.2 und 6.3 vom Vermittlungsrechner ein externer Breitband-Satz belegt

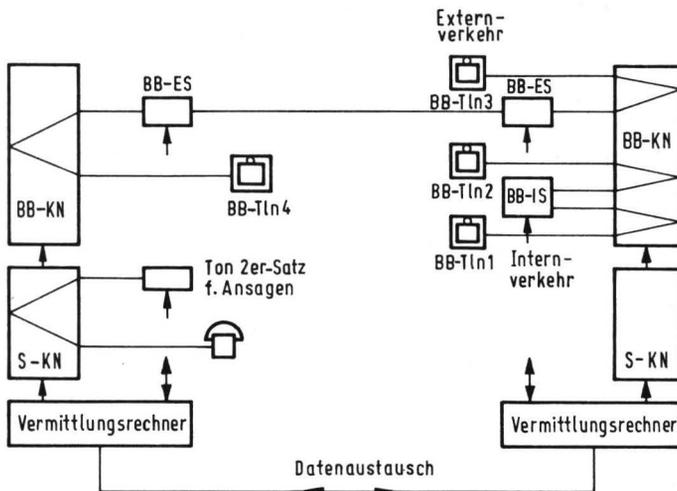


Bild 6.3 Breitband-Verkehrsarten

und ein Weg von der TS über das S-KN zum Zweidraht-Anschluß des BB-ES sowie über einen weiteren Einstellvorgang ein Weg über die Kontakte des BB-KN von den Breitbandadern des Teilnehmers zum Vierdrahtteil des BB-ES durchgeschaltet.

Außerdem wird die Nummer des B-Teilnehmers und die Nummer des BB-ES (damit ist die belegte Breitbandleitung gekennzeichnet) vom Vermittlungsrechner über die Datenleitung in die Vermittlungsstelle des B-Teilnehmers (Ziel-Vermittlungsstelle) übertragen. In der Ziel-Vermittlungsstelle kann nun festgestellt werden, ob der B-Teilnehmer ein Breitbandteilnehmer (BB-Tln 4 in Bild 6.3) ist und ob er frei ist.

Bei negativem Ergebnis der Berechtigungsprüfung ist das Kriterium für einen Breitband-Verbindungswunsch des A-Teilnehmers irrtümlich oder absichtlich falsch eingegeben worden. Als zusätzliches Leistungsmerkmal ist denkbar, die Breitbandverbindung dann automatisch auszulösen und dem A-Teilnehmer einen entsprechenden Hinweis zu senden. Einspeisen eines Hinweisbildes ist über den BB-ES möglich, da dessen Vierdrahtteil wie der Vierdrahtteil des BB-IS aus Gründen der Leitungsprüfung auftrennbar ist. Hinweistöne oder Ansagen sind ebenfalls ohne gerätetmäßigen Zusatzaufwand nach Bild 6.3 aus dem Ton-Zweiersatz heraus realisierbar. Von der gleichen Stelle aus kann auch ein Kriterium „Breitband-Gassenbesetzt“ gegeben werden, wenn zwar eine Sprech-, aber keine Breitbandverbindung zustandekommen kann.

Der Zweidrahtanteil des BB-ES ist wie der ES für den normalen Sprechverkehr aufgebaut und liegt mit seinen Adern am S-KN. Auf diesem Weg wird auch der jeweilige Teilnehmer gespeist und auf Einhängen überwacht.

Mit der gewählten Anordnung ergibt sich, daß die zunächst über getrennte Koppelnetzwerke gehenden Breitband- und Sprachsignale der gleichen Verbindung nach Passieren der ersten Vermittlungsstelle über den BB-ES einander fest zugeordnet werden. Bei ihrem Weg über weitere (Transit-)Vermittlungsstellen bleibt diese Zuordnung bestehen und endet nach Bild 6.4 erst in der Zielvermittlung durch Aufspalten auf S-KN und BB-KN. In den Transit-Vermittlungsstellen werden Sprach- und Breitbandkanal demnach gemeinsam, d. h. durch einen einzigen Steuervorgang durchgeschaltet. Der Vermittlungsrechner der Transit-Vermittlung muß lediglich erkennen, ob das „kommende“ Gespräch einem Breitbandbündel entstammt und dementsprechend „gehend“ wieder ein Breitbandbündel ansteuern.

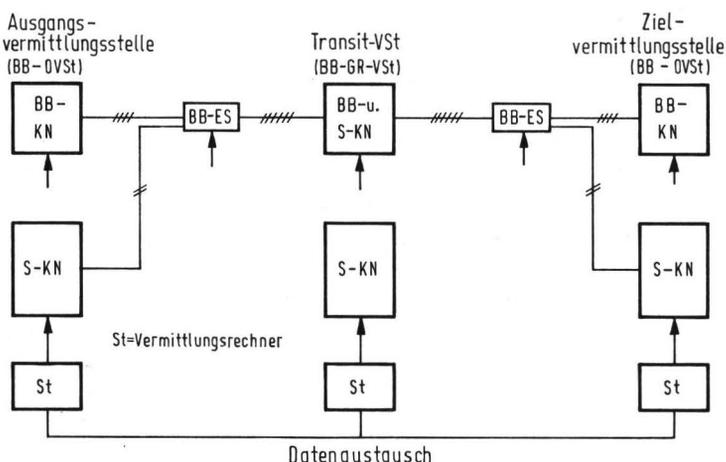


Bild 6.4 Führung der Breitbandleitung im Transit-Verkehr am Beispiel einer Ortsverbindung

6.2.3 Breitbandkoppelnetzwerk

6.2.3.1 Durchschalteprinzip und Übertragungstechnik

Die Übertragungsqualität der Koppelnetzwerke für analoge Breitbandsignale wird von der Symmetrie des Breitbandweges und der Frequenzlage des Signals beeinflusst.

- Eine unsymmetrische Durchschaltung bringt im allgemeinen Einsparungen an Koppelpunkten, erhöht aber die Anfälligkeit gegenüber Störbeeinflussungen und erfordert Symmetriemaßnahmen beim Übergang auf die Übertragungsstrecken.
- Durchschaltung in höherer Frequenzlage (moduliert) erschwert die Einhaltung der Forderungen bezüglich Durchgangs-Nebensprech- und Symmetriedämpfung, erleichtert aber z. B. die Einhaltung der Dämpfungsverzerrungen in ausgedehnten Koppelnetzwerken (siehe Abschnitt 6.1.1).

Unter Berücksichtigung dieser Abhängigkeiten wurde für die Ortsvermittlung die Durchschaltung in Videolage, für die Fernvermittlung eine modulierte Durchschaltung (Restseitenbandmodulation, Bandobergrenze 12 MHz) gewählt. In beiden Fällen erfolgt die Durchschaltung symmetrisch. Die modulierte Durchschaltung in der Fernvermittlung ermöglicht Einsparungen in den Modulationseinrichtungen der Fernstrecken.

Bei der Führung des Breitbandweges durch die Breitbandvermittlung hat die Verdrahtung zum BB-KN und der Koppelvielfache des BB-KN untereinander gegenüber dem Koppelpunkt selbst den größeren Einfluß auf die Übertragungsqualität.

Vor dem KN liegende Verstärker bzw. Verlängerungsleitungen haben die Aufgabe, alle Pegel der Breitbandsignale auf den gleichen Wert zu bringen. Noch nicht eingebaute, aber für den Vollausbau vorgesehene Teile des BB-KN müssen, um auf eine einheitliche Länge der Verkabelung und damit Signallaufzeit der Breitbandwege durch die Vermittlung zu kommen, nachgebildet werden.

Bei der Verdrahtung ist auf Stoßstellenfreiheit (Reflexionsdämpfung > 25 dB) und Sicherheit gegen Störspannungen (Schaltknacke etc.) Rücksicht zu nehmen.

6.2.3.2 Koppelvielfache

Aus Gründen der Einheitlichkeit werden Koppelvielfache in der Gruppierung der EWSF-Technik verwendet (Vereinfachung der zusätzlichen Steuerprogramme). Für die Koppelnetzwerksgrößen in den betrachteten Modellen sind ein- bzw. zweistufige Koppelanordnungen ausreichend.

a) Breitband-Ortsvermittlungsstelle (BB-OVSt)

Hier sind weniger belastete Breitband-Koppelnetzwerke in den in Bild 6.5 gezeigten Ausführungen vorgesehen.

Bei diesem Endverkehr werden Breitbandweg und Sprachweg getrennt voneinander eingestellt. Damit die gesamte Breitbandverbindung nicht wegen innerer Blockierung des BB-KN einen höheren Verlust als eine Sprechverbindung hat, muß das BB-KN auf geringeren Verlust dimensioniert sein.

b) Vermittlungsstellen für Fernverkehr

Als BB-KN für den Fernverkehr wird das zweistufige BB-KN nach Bild 6.6 verwendet. Hier sind, wie im Abschnitt 6.2.2 beschrieben, Bild- und Sprechweg einander fest zugeordnet und können mit dem gleichen Einstellbefehl bedient werden. Ein geringerer Verlust für das BB-KN gegenüber dem S-KN ist hier nicht gefordert.

6.2.3.3 Technologie des Breitband-Koppelpunktes

Gegenwärtig sind zwei Arten von Koppelpunkten für den Einsatz im Breitband-Koppelnetzwerk verfügbar: mechanische Koppelpunkte, wie z. B. im EWS in Form der Schutzgas-Stahlrelais, und elektronische Koppelpunkte.

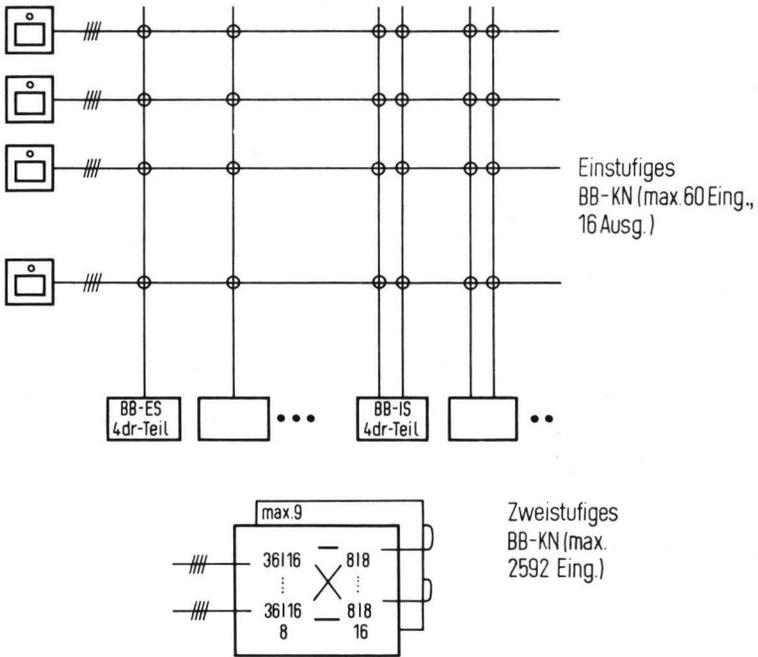


Bild 6.5 Koppelnetzwerke für Breitband-Ortsvermittlungsstellen

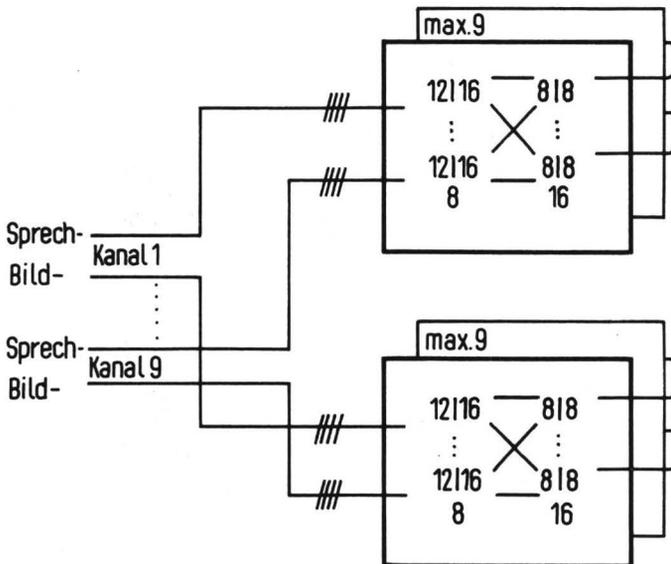


Bild 6.6 Zweistufiges Breitband- und Sprech-Koppelnetzwerk für Fernverkehr

Die Tabelle 6.7 gibt eine Übersicht über Koppelpunkteigenschaften.

Eigenschaft	mechanisch	elektronisch
○ hohes Sperr-/Durchlaßverhalten	+	+
○ hohe Schaltgeschwindigkeit		+
○ kein Verschleiß		+
○ geringe Abmessungen		+
○ gleichspannungsdurchlässig	+	
○ unempfindlich gegen Störspannungen	+	
○ symmetrische Durchschaltung möglich	+	+
○ geringe Verlustleistung	+	
○ keine galvanische Verkopplung zwischen Signal und Stromversorgung	+	

Tabelle 6.7 Eigenschaften von elektromechanischen bzw. elektronischen Koppelpunkten („+“ bedeutet einen Vorteil zugunsten der betrachteten Eigenschaft)

Aus dieser Übersicht ist zu entnehmen, daß zumindest zum gegenwärtigen Zeitpunkt der mechanische Koppelpunkt vorteilhafter eingesetzt werden kann, wenn auch bereits bei vielen Spezialanwendungen (bei allerdings nicht großen Breitband-Koppelnetzwerken) der elektronische Koppelpunkt Verwendung findet und dieser noch verstärkt weiterentwickelt wird.

6.2.4 Vermittlungstechnischer Zugang zu kommunikationsspezifischen Einrichtungen

6.2.4.1 Auskunftsdienste

Der Auskunftsdienst bietet dem Breitbandteilnehmer die Möglichkeit, vermittlungstechnisch Zugriff zu Endgeräten zu erhalten, von denen er mit oder ohne vorausgegangenen Dialog Informationen abrufen kann. Der Betrieb derartiger Endgeräte kann öffentlichen oder privaten Interessen entspringen.

a) Zugang

Je nach Art des Dienstes ist entweder eine zeitlich parallele (gleichzeitige) Zugangsmöglichkeit durch eine große Anzahl von Benutzern (Verteildienst) oder ein serieller Zugriff durch jeweils nur einen Benutzer zur gleichen Informationsquelle sinnvoll (Dialogdienst).

a1) Verteildienst

Bei Wahl eines Verteildienstes (Bild 6.8 a)) werden die Sprechadern des BB-Tln 2 nach Erkennen des Teilnehmerwunsches auf den Zweidrahtteil des Bild-Ansage-Satzes (B-AnS) gekoppelt. Der B-AnS ist als Sammelnummer geschaltet und kann eine bestimmte Anzahl von Teilnehmern bedienen. Der Zweidrahtteil

dieses Satzes überwacht auch den A-Tln auf Einhängen. Der dem Zweidrahtteil fest zugeordnete Vierdrahtteil liegt am Breitband-Koppelnetzwerk, und der Vermittlungsrechner stellt über den entsprechenden Ausgang eine Verbindung zum Monitor des Breitband-Terminals her. Weitere Zeichengabe durch den Teilnehmer ist wirkungslos.

a 2) Dialogdienst, öffentlich (Bild 6.8 a)

Die telekommunikationsspezifischen Einrichtungen befinden sich in diesem Falle am Ort der Vermittlungsstelle. Bei Wahl dieses Dialogdienstes gelangt der BB-Tln 1 mit seinen Sprechadern auf den Zweidrahtteil des Breitband-Dialogsatzes (BB-DiaS). Der Zweidrahtteil überwacht den Schleifenzustand des Teilnehmers. Die zweite Seite des Dialogsatzes hat Zugriff zu den Dialogeinrichtungen, deren Breitbandteil im Dialogzustand über den BB-DiaS und das BB-KN mit dem Breitband-Terminal verbunden ist.

a 3) Dialogdienst, privat (Bild 6.8 b)

Der Dienst wird in diesem Falle von „privater“ Seite betrieben. Die Verbindung zwischen Benutzer und der telekommunikationsspezifischen Einrichtung ist eine normale Breitbandverbindung. Die Einrichtung zur Gewährleistung des Dienstes liegt im Sonder-Breitband-Terminal des den Dienst betreibenden Teilnehmers und verhält sich vermittlungstechnisch wie ein „automatischer Teilnehmer“.

Auch wenn die Leitung zwischen Teilnehmer und Vermittlungsstelle bei diesem Dienst nur in Richtung von der Vermittlungsstelle zum Teilnehmer breitbandig genutzt wird, so ist dennoch eine Vierdraht-Durchschaltung zweckmäßig, um die Leitungsprüfung vornehmen zu können.

b) Dialog-Signalisierung im Fall a 2) und a 3)

Mit dem zum Verbindungsaufbau benutzten Zeichenvorrat von Ziffern und Sonderzeichen kann bei aufgebauter Verbindung über den Sprechweg der Dialog gesteuert werden.

Zu diesem Zweck werden die getasteten Ziffern oder Sonderzeichen über den Zweidrahtteil des jeweils eingeschalteten Satzes zu den Zeichenempfängern der Dialogeinrichtungen übertragen.

6.2.4.2 Bildfernsprech-Konferenz

Die verschiedenen Varianten der Bildfernsprech-Konferenz unterscheiden sich einerseits in der Prozedur der Zusammenschaltung der Teilnehmer (die Art, wie die Teilnehmer an den Konferenzknoten angeschaltet werden), andererseits in der Prozedur des Konferenzablaufes (aufgrund welcher Kriterien erscheint welches Bild auf welchen Bildschirmen der Konferenzteilnehmer). Die Tabelle 6.9 zeigt einige Möglichkeiten.

Vorgeschlagen wird die Variante B 1 als einfachste Möglichkeit.

B-DiaS Bild-Dialogsatz
 B-AnS Bild-Ansagesatz

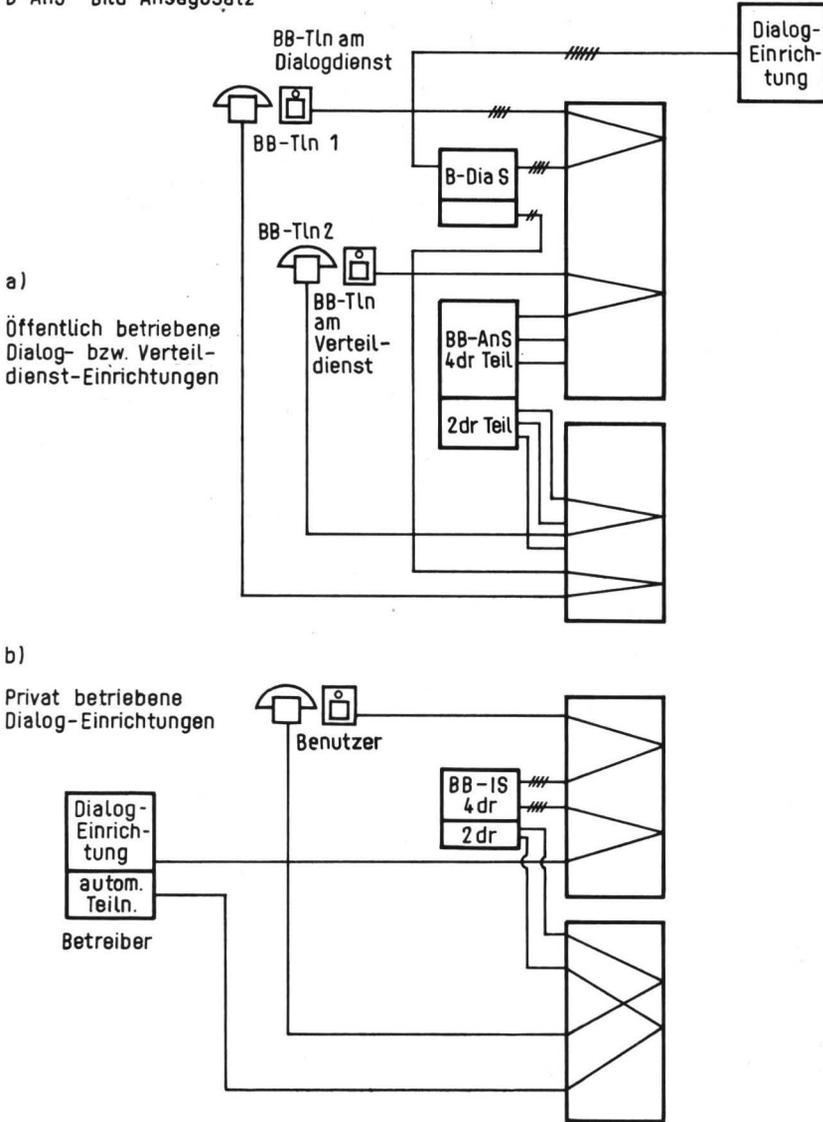


Bild 6.8 Zugriff zu Dialog- bzw. Verteildienst-Einrichtungen

Zusammenschaltung	Ablauf der Konferenz
A Konferenzteilnehmer rufen einen Konferenzknoten an	1 Konferenzleiter teilt das Bild desjenigen zu, der von allen anderen Konferenzteilnehmern gesehen werden soll
B Konferenzleiter ruft vom Konferenzknoten aus die übrigen Konferenzteilnehmer zusammen	2 Automatische Zuteilung des Bildes durch Sprachsteuerung 3 Schnittbild an alle Konferenzteilnehmer 4 Jeder Konferenzteilnehmer kann das Bild eines anderen Konferenzteilnehmers wählen

Tabelle 6.9 Varianten der Bildfernsprech-Konferenz

Vor bemer kung : Die Konferenzschaltung setzt voraus, daß zwischen allen Teilnehmern gleichzeitig eine Tonverbindung besteht. Da die Tonverbindung über das bestehende Fernsprechnet z läuft und alle Tonverbindungen in einem Konferenzstern zusammenschaltet sind, können sich Umwege ergeben, die zur Überschreitung der Bezugsdämpfung führen. Daher ist der Konferenzknoten nur im Vierdraht-Bereich des Fernsprechnetzes möglich. Der Wunsch nach Freisprechen während der Konferenz ist uneingeschränkt nur erfüllbar, wenn die Tonverbindungen aller Teilnehmer vollständig 4drähtig sind, was vom Vermittlungssystem her erheblichen Aufwand voraussetzen würde. Die angestrebte 4-Draht-Schaltung der Tonübertragung läßt sich aber dadurch erreichen, daß man im Teilnehmergerät den Ton durch Modulation mit in das Bildsignal übernimmt (Bild 6.10). Diese Maßnahme setzt keine Aufwandserhöhung im System voraus, sondern muß von den Teilnehmern bezahlt werden, die ein derartiges Leistungsmerkmal wünschen.

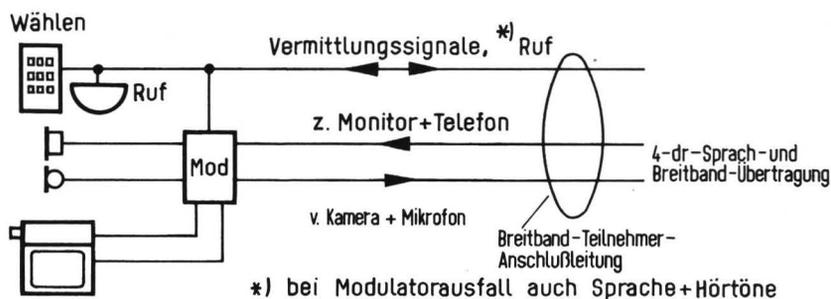


Bild 6.10 Beispiel für Sprache im Bildkanal

Zusammenschaltung zur Konferenz nach Variante B

Der Konferenzleiter belegt durch Wahl einer Kennziffer einen Konferenzsatz. Danach erhält er wieder den Wählton und kann einen Breitband-Konferenzteilnehmer anrufen und sich mit ihm verständigen.

Durch Nachwahl schaltet sich der Leiter wieder an den Wahlsatz und den Konferenzteilnehmer auf den Konferenzsatz. Über die Breitbandleitung bekommt der erste Konferenzteilnehmer ein Wartebild aus dem Konferenzsatz. Der Konferenzleiter ruft den 2. Konferenzteilnehmer an und schaltet ihn per Nachwahl auf den Konferenzsatz. Die beiden Konferenzteilnehmer können sich jetzt bereits auf dem Sprechweg unterhalten. Nach Heranrufen des letzten Konferenzteilnehmers schaltet sich der Konferenzleiter durch Nachwahl dazu. Die einberufenen Konferenzteilnehmer haben diese Nachwahlmöglichkeit nicht. Wenn sie durch „Auflegen“ die Konferenz verlassen, können sie nur durch den Konferenzleiter wieder in die Konferenz aufgenommen werden.

Ablauf der Konferenz nach Variante 1

Der am Konferenzleiter-Anschluß des Konferenzknotens angeordnete Wahlempfänger erkennt die während des Konferenzablaufes vom Konferenzleiter gewählten Ziffern.

Diese Ziffern haben keine vermittlungstechnischen Funktionen des EWS zur Folge, sondern dienen nur der Steuerung des Breitbandteils des Konferenzknotens. Sie schalten nach Bild 6.11 das vom Konferenzleiter gewählte Bild auf die anderen Bildschirme. Die Signalisierung seitens des Konferenzleiters auf den Sprechadern bringt Probleme, sofern sie im Sprachbereich erfolgt. Sie ist einerseits störend, andererseits von den anderen Konferenzteilnehmern imitierbar. Abhilfe bringt die bereits erwähnte Übernahme der Sprache in den Bildkanal bzw. die Verlegung der Signalfrequenzen für die Konferenzsteuerung in Bereiche außerhalb der für EWS verwendeten Signalfrequenzen und geringerer Sprachenergie, bedeutet aber erhöhten Terminalaufwand für einen zusätzlichen Signalgenerator (und evtl. eine zusätzliche Tastatur) beim Konferenzleiter.

6.3 Beispiel einer Raummultiplex-Vermittlung für ein analoges Breitbandnetz (Lösung A)

6.3.1 Vorbemerkungen zum Netz und Systemübersicht

Im Ortsnetz werden nach den Modellvorstellungen in Kapitel 7 die Breitband-Ortsvermittlungsstellen (BB-OVSt'n) über die jeweilig betrachtete Ortsnetzfläche gleichmäßig verteilt. Die Breitband-Ortsverbindungsleitungen führen nach Bild 6.12 zu der im Zentrum gelegenen Breitband-Gruppen-Vermittlungsstelle (BB-Gr-VSt), über die voraussetzungsgemäß der Breitband-Ortsverkehr zwischen verschiedenen BB-OVSt'n des gleichen Ortsnetzes läuft.

Über die BB-Gr-VSt'n erfolgt der Zugang zu der Breitband-Fernvermittlungsstelle (BB-FVSt) und damit zum Breitband-Fernnetz. Am Übergang zwischen BB-Gr-VSt und BB-FVSt findet auch die Umsetzung des Breitbandsignals in die für die Fernübertragung geeignete Signalform statt.

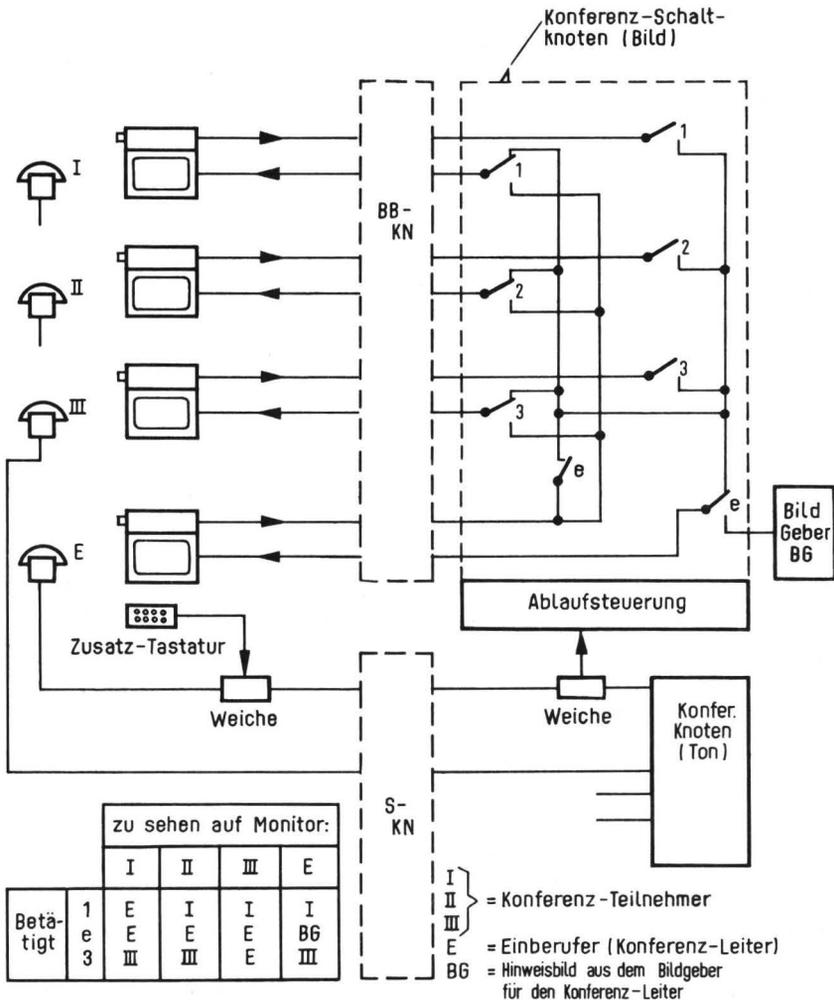


Bild 6.11 Beispiel für eine Bildfernsprech-Konferenz

Die geschilderte Konfiguration der Breitband-Vermittlungsstellen trifft für alle weiter unten behandelten Modelle zu. Ausnahmen sind:

a) In der jeweils untersten Netzebene fallen BB-Gr-VSt und BB-FVSt zusammen.

b) In Ortsnetzen mit nur einer BB-OVSt entfällt auch die BB-Gr-VSt. Die BB-OVSt'n wickeln den Endverkehr ab und haben nach weiter unten angenommenen Modellvorstellungen Größen zwischen 30 und 1000 Breitband-Anschlußeinheiten (BB-AE). Während die BB-OVSt'n nur bei Bedarf zusätzlich zum Sprechweg (aber unabhängig von diesem) einen Breitbandweg in dem Breitband-Koppelnetzwerk durchschalten, sind die BB-Gr-VSt'n und BB-FVSt'n bereits 6drätig ausgelegt und Sprech- und Bildweg einander fest zugeordnet.

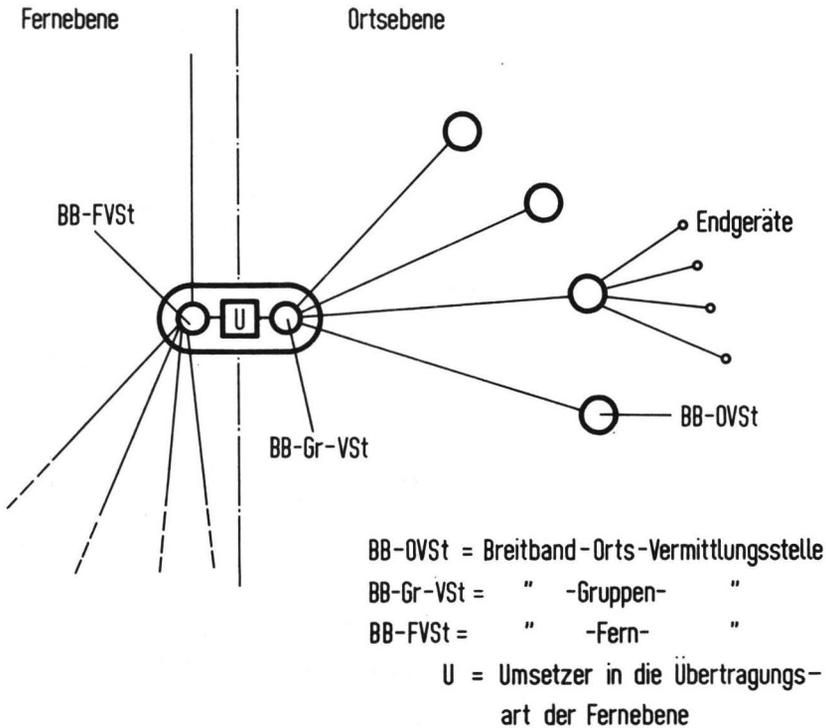


Bild 6.12 Zusammenwirken der Breitband-Vermittlungsstellen

Als Beispiel für eine Breitbandvermittlung wird im folgenden hier nur die BB-OVSt behandelt. Dabei werden die Fälle einer kleinen (ca. 60 BB-AE) und einer großen (ca. 1 000 BB-AE) BB-OVSt betrachtet. Bild 6.13 gibt einen Überblick über die für die Breitbandvermittlungsstelle erforderlichen Einrichtungen und deren Einordnung in die bestehende Fernsprech-Vermittlungsstelle. Demnach werden, wie im Abschnitt 6.2 ausgeführt, die Breitband-Sätze und das Breitband-Koppelnetzwerk mit seinem Einsteller von der Steuerung der Fernsprechvermittlung mitgesteuert.

6.3.2 Steuerung

In dem Programmablauf für die beim Fernsprechen erforderlichen Vermittlungsvorgänge werden für die Breitbandvermittlung zusätzliche Programmteile eingeschoben. Es handelt sich dabei beispielsweise um Programme für das

- Erkennen des Breitband-Wunsches,
- Feststellen der Berechtigung zur Breitbandverbindung,
- Einstellen des Breitband-Koppelnetzwerkes,
- Prüfen auf Vollständigkeit der Breitbandverbindung und
- Veranlassen eines Sonderrufes bei ankommender Breitbandverbindung.

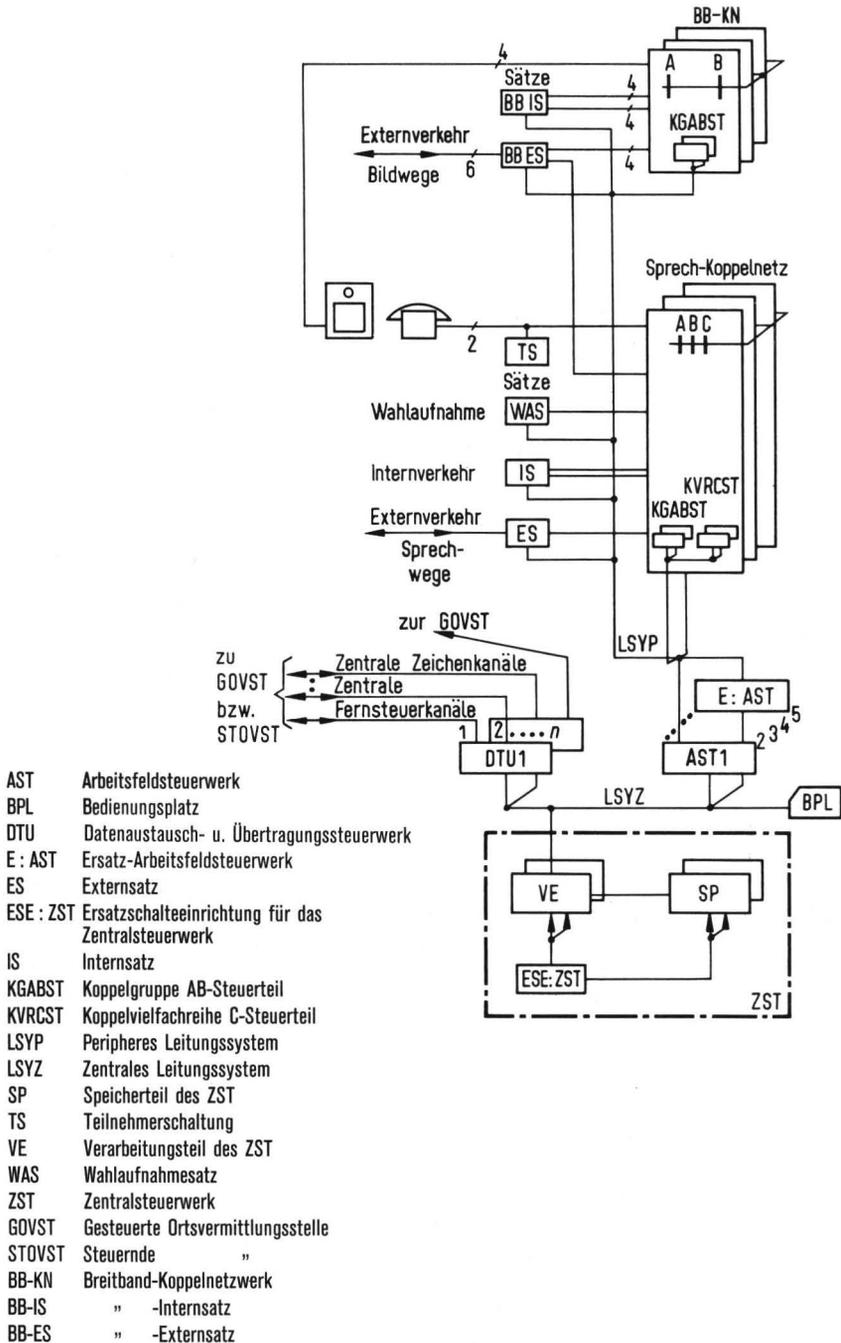


Bild 6.13 EWS-OVSt mit Breitband-Peripherie

Diese Programmteile steuern Vermittlungsfunktionen für die Breitbandverbindung. Daneben sind für die Belange der Breitbandvermittlung auch noch Programmteile für Wartung, Fehlererkennung und Ersatzschaltung vorzusehen.

Neben dem Programmspeicheraufwand für diese Funktionen ist pro Breitbandteilnehmer ein kleiner, zusätzlicher Datenspeicher vorzusehen (z. B. für die Speicherung der teilnehmerindividuellen Berechtigung, eine Breitbandverbindung aufzubauen). Im vorliegenden Beispiel wird angenommen, daß die vom Steuerrechner bei der Bewältigung der zusätzlichen Steueraufgaben geforderte größere Dynamik bei der relativ geringen Anzahl von Breitbandteilnehmern verfügbar ist.

6.3.3 Peripherie

a) Sätze

Die Anzahl der Sätze richtet sich nach der Anzahl der an die BB-OVSt angeschlossenen Leitungen und der Anzahl der gleichzeitig möglichen Internverbindungen. Platzbedarf und Aufwand für die Breitbandsätze sind vergleichbar mit dem für die Sätze des Sprechverkehrs.

b) Koppelnetzwerk und Einsteller

Das Breitband-Koppelnetzwerk besteht technologisch aus den gleichen Koppelementen (Koppelpunkten) wie das Netzwerk für die Sprechweg-Durchschaltung und ist ebenfalls aus Koppelvielfachen aufgebaut. Für die in den Modellen ermittelten Koppelnetzwerkgrößen werden ein- bzw. zweistufige Gruppierungen vorgesehen. Das einstufige Koppelnetzwerk (BB-KN) besteht dabei aus Koppelvielfachen (KV) 4/16, die in Stufen zu je 4 Eingängen bis auf 60/16 ausgebaut werden können. Diese einstufige Koppelanordnung kann bei 1^{0/∞} Verlust 6 Erlang vermitteln. Breitband-Vermittlungsstellen in der Größenordnung 1000 BB-AE erhalten ein zweistufiges BB-KN. Die A-Stufe dieses BB-KN besteht aus Koppelvielfachen 36/16 (KVA), die B-Stufe aus Koppelvielfachen 8/8. Erweiterungsmöglichkeit ergibt sich hier durch Ausbau der KVA in Schritten zu je 4 Eingängen bzw. in Schritten zu je 36 Eingängen. Bei einem Verlust von 1^{0/∞} (Anschluß-Anschluß-Verlust) kann jedes Koppelvielfach mit ca. 6 Erlang belastet werden. Im Fall der größeren Breitbandvermittlung benötigt das BB-KN einen eigenen Einsteller. Dabei kann ein Einsteller (mit Ersatz) bis etwa 1000 Breitbandteilnehmer bedienen.

6.4 Beispiel einer digitalen Raummultiplex-Breitbandvermittlung für Lösung B und C

6.4.1 Allgemeines

Die Digitalisierung von Breitbandübertragungsstrecken großer Entfernung bringt übertragungstechnische und wirtschaftliche Vorteile. Dabei treffen in der oberen Netzhierarchie eines Breitbandkommuni-

kationsnetzes besonders viele digitalisierte Übertragungsstrecken in den einzelnen Netzknoten (Vermittlungen) zusammen. Die Digitalisierung der Vermittlungsnetzwerke in diesem Bereich erscheint vorteilhaft, weil in dem so digital integrierten Kommunikationsnetz die teuren Analog/Digital-Umsetzer zwischen Übertragungsstrecken und Vermittlungen weitgehend entfallen. Die Vermittlung erfolgt nach dem Räummultiplexverfahren. Ein Betrieb der Vermittlungsstellen im Zeitmultiplexverfahren ist wegen der hohen Bitrate der Breitband-signale (64 Mbit/s) nicht sinnvoll.

6.4.2 Integration des digitalen Breitbandkoppelnetzes in das elektronisch gesteuerte Wählsystem (EWS)

Das digitale Breitbandkoppelnetz wird nach Bild 6.14 in das EWS-Konzept mit einbezogen, d. h. die zentralen und teilzentralen Einrichtungen (Bild 6.14: ZST, DTU, BPL, AST) von EWS werden mitbenutzt. Das Koppelnetz ist steuerungstechnisch über seine Einsteller (ST:KGAB und ST:KVRC) mit dem peripheren Leitungssystem (LSYP) verbunden. Überwachungs-, Ersatzschalte- und Wartungsphilosophie müssen weitgehend dem EWS-Konzept angepaßt werden. Die Breitband-signale werden über Leitungsanpassungen (LA) an das Koppelnetz angeschlossen. In der Leitungsanpassung wird der Übertragungs-

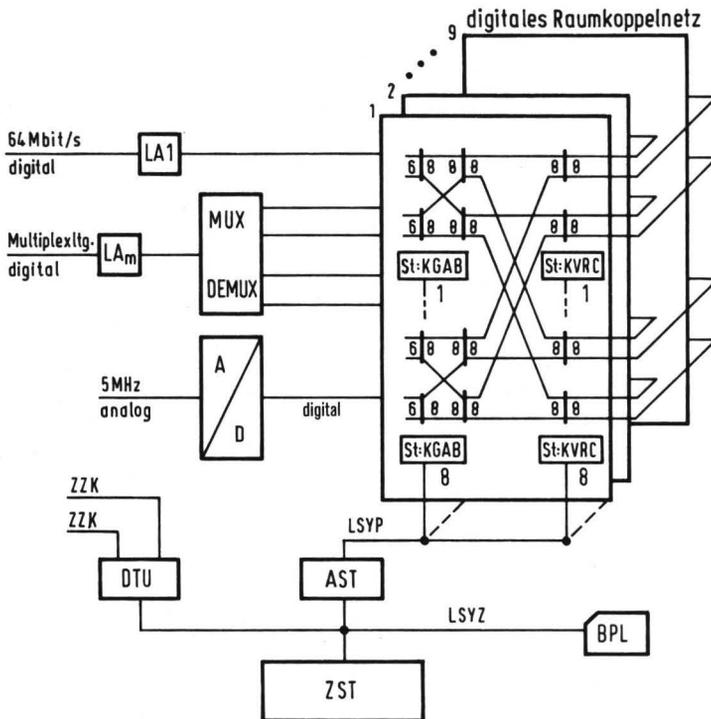


Bild 6.14 Übersichtsplan des digitalen Breitband-Koppelnetzes im elektronisch gesteuerten Wählsystem EWS

code des Breitbandsignals (AMI oder HDB3) in Binärcode (NRZ) umgesetzt und Information und Leitungstakt getrennt an den Koppelnetzeingang übergeben.

Breitbandsignale, die im Zeitmultiplexverfahren übertragen werden, müssen über Multiplexer/Demultiplexer in die einzelnen Grundsysteme aufgefächert werden.

Analoge Breitbandsignale werden über Analog/Digitalwandler an das digitale Koppelnetz angeschlossen.

6.4.3 Synchronisierung des digitalen Breitbandnetzes

Um in dem digitalen Breitbandkoppelnetz optimale Bedingungen bezüglich Störabstand, Nebensprechdämpfung und Durchgangsdämpfung (Pulsverzerrungen) zu erhalten, ist es notwendig, die Breitbandsignale taktphasensynchron im Koppelnetz durchzuschalten, so daß die Signale nach den einzelnen Koppelstufen mit Hilfe von Flip-Flops jeweils wieder regeneriert werden können.

Um Informationsverluste durch Schlupf in den Vermittlungsstellen zu vermeiden, muß das digitale Breitbandnetz taktsynchron betrieben werden. Das Netz kann synchronisiert werden

- durch Master-Slave-Synchronisierung oder
- mit Hilfe von Phasemittelung.

Laufzeitschwankungen auf den Übertragungstrecken und Frequenzänderungen der Taktgeneratoren dürfen im synchronen Netz nicht zu Bit-Verlusten führen. Die Breitbandsignale werden deshalb am Eingang des Koppelnetzes über Pufferspeicher geführt, mit deren Hilfe die Phasenschwankungen ausgeglichen werden. Bei Verwendung von Koaxialkabel auf den Übertragungstrecken sind Pufferspeicher mit einer Kapazität in der Größenordnung von ca. 100 bit notwendig.

Anstelle eines synchronen Netzes genügt unter Umständen auch ein plesiochrones Netz, d. h. die Taktgeneratoren der einzelnen Vermittlungen werden ohne gegenseitige Regelung durch sehr genaue Atomfrequenznormale (Cäsium-Normal mit 10^{-12} Genauigkeit) gesteuert. Bei einer Genauigkeit des Taktgenerators von 10^{-12} und einer Kapazität des Eingangspufferspeichers von 100 bit ergibt sich dann ein Schlupfverlust im Abstand von ca. 200 Stunden.

6.4.4 Signalisierung im digitalen Breitbandnetz

Das digitale Breitbandkoppelnetz wird nur im Transitverkehr eingesetzt. Dementsprechend ist eine Teilnehmersignalisierung nicht zu verarbeiten, sondern nur der Signalaustausch zwischen den Vermittlungsstellen zu berücksichtigen. Dieser Signalaustausch erfolgt wie bei EWS über zentrale Zeichenkanäle auf getrennten Leitungen.

6.4.5 Digitales Breitbandkoppelnetz

Für das Koppelnetz werden hochintegrierte, digitale Raum-Koppelemente 6/8 bzw. 8/8 konzipiert. Mit diesen Koppelementen wird ähnlich dem Koppelnetz von EWSF (Umkehrgruppierung) eine Kop-

pelgruppe AB (KGAB) und Koppelvielfachreihe C (KVRC) zusammen- gestellt. Bild 6.15 zeigt einen Koppelnetzausschnitt des digitalen Breit- bandkoppelnetzes. Über Pufferspeicher (PS) werden die Breitband- signale der Koppelstufe A zugeführt. Die Koppelstufe B wird im glei- chen Baugruppenrahmen untergebracht, so daß sich eine kurze Link- verdrahtung zwischen den Koppelstufen A und B ergibt. An eine KGAB lassen sich 48 Leitungen anschließen. Die Linkleitungen zwi- schen KGAB und KVRC werden mit Übertragungsschnittstellen (LI) abgeschlossen.

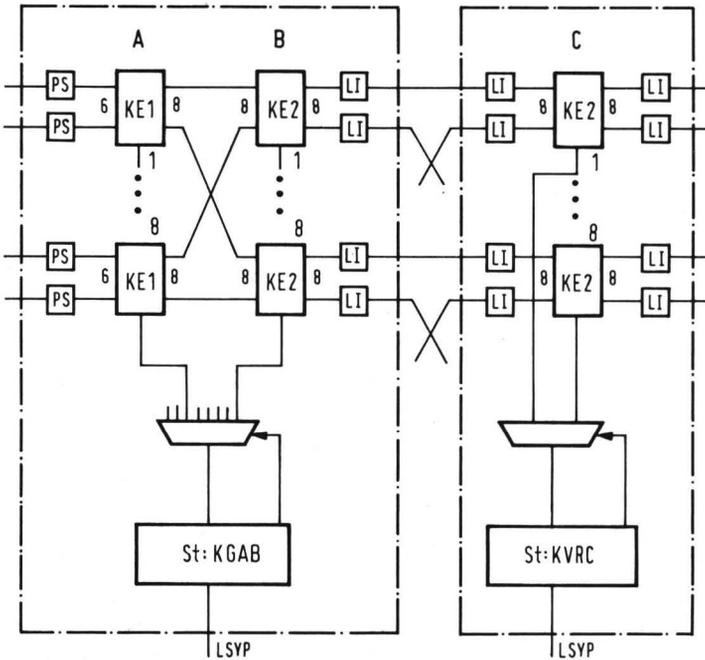


Bild 6.15 Koppelnetzausschnitt einer Koppelgruppe ABC

In die Raumkoppellemente KE sind Haltespeicher für die Wege- durchschaltung integriert. Die Wegeinformation, die vom Rechner kommt, wird über die Einsteller in die Haltespeicher eingetragen. Die Einsteller sind über das periphere Leitungssystem (LSYP) und die Arbeitsfeldsteuerung (AST) mit der zentralen Steuerung verbunden.

Bild 6.16 zeigt die Koppelnetzgruppierung mit den Koppelstufen A und B für maximal 432 Koppelnetzanschlüsse A (KANAs), bestehend aus 9 KGAB.

Größere Koppelnetzkonfigurationen lassen sich durch Einführen einer Koppelstufe C zusammenbauen (Bild 6.17). An eine Koppelgruppe ABC lassen sich 384 KANA anschließen. Im Vollausbau sind 9 KGABC möglich, das heißt 3456 KANA.

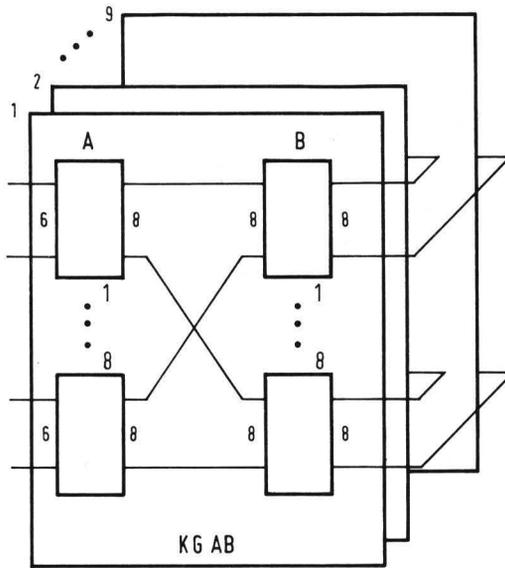


Bild 6.16 Zwei Koppelstufen (A, B) für maximal 432 Koppelnetzanschlüsse A (KANA)

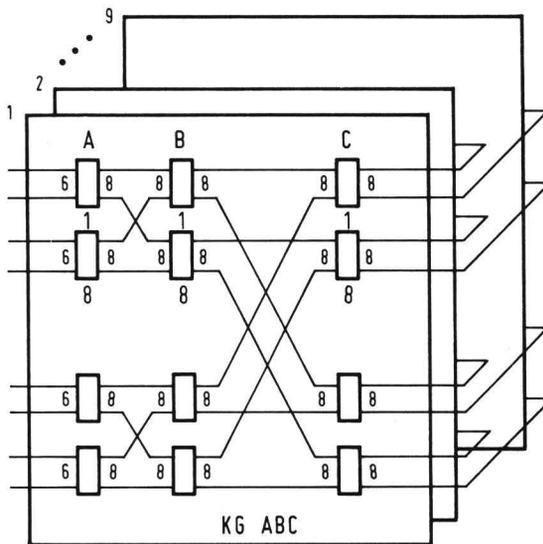


Bild 6.17 Drei Koppelstufen (A, B, C) für maximal 3456 Koppelnetzanschlüsse A (KANA)

6.5 Realisierung der vermittlungstechnischen Anforderungen im dezentral vermittelnden Breitbandnetz

Im Abschnitt 5.6 wurden bereits das Prinzip der dezentralen Vermittlung und die zum Aufbau eines entsprechenden Breitbandnetzes erforderlichen Bausteine kurz erläutert. Nun sollen die Realisierungsmöglichkeiten für einige dieser Bausteine beschrieben werden.

6.5.1 Beschreibung der Teilnehmerschaltung

Die Teilnehmerschaltung in der Teilnehmerstation ermöglicht dem Fernsprechteilnehmer den Zugriff zum dezentralen Netz und führt die Vermittlungsfunktionen aus. In der Teilnehmerschaltung sind die Wandler, eine Sende-, eine Empfangseinrichtung und eine Steuerung enthalten (siehe Bild 6.18).

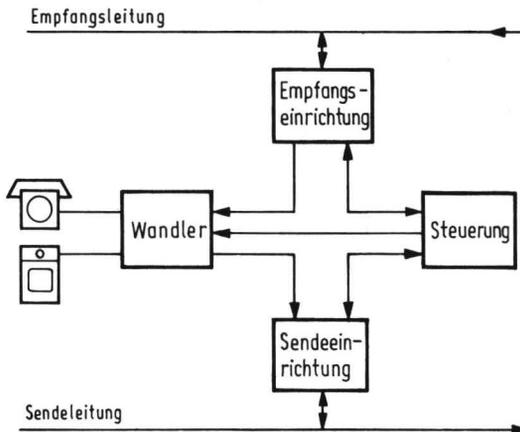


Bild 6.18 Blockschaltbild der Teilnehmerschaltung

Im einzelnen enthalten diese Einrichtungen folgende Funktionseinheiten:

- Repeater (Regenerativverstärker) mit digitaler Ein- und Auskopplung an der Sende- und Empfangsleitung
- Empfangsspeicher für 8 bit, Sendespeicher für 8 bit
- Ruf- und Signalerkennung
- Zeitschlitz-Belegungserkennung
- Synchronisierschaltung und Taktgewinnungsschaltung für die Sende- und Empfangsleitung
- Multiplexer und Demultiplexer zum Zusammenfassen bzw. Verteilen der Nachrichten der verschiedenen Teilnehmergeräte
- Analog-Digital- bzw. Digital-Analog-Wandler für die Teilnehmergeräte
- eine programmierbare Steuerungseinheit.

Sende- und Empfangseinrichtung: Der Empfangsspeicher besteht aus zwei Serienregistern, in die abwechselnd jeweils der Inhalt eines Zeitschlitzes aus der Empfangsleitung seriell eingeschrieben wird. Während der Dauer eines Zeitschlitzes kann dann die eingeschriebene Information ausgewertet werden. Synchronisierblöcke, Rufe und sonstige Signale werden am Parallelausgang der Register erkannt und ausgewertet. Nur Nachrichtenblöcke aus Zeitschlitz, in denen die Teilnehmerstation eine Verbindung aufgebaut hat, werden parallel an den Demultiplexer mit den Wandlern weitergegeben.

Jeder der beiden Empfangsspeicher ist in sich wieder halbiert, und die ankommenden Bits eines Zeitschlitzes werden abwechselnd in die eine oder andere Speicherhälfte eingeschrieben. Der Bittakt reduziert sich dadurch auf die Hälfte.

Der Sendespeicher besteht wie der Empfangsspeicher aus zwei Registern, die wechselweise ihren Inhalt in die freien Zeitplätze schieben. Die Synchronisierung auf der Sendeleitung erfolgt durch die Sendesynchronisierungsschaltung.

Steuerungseinheit: Die Steuerungseinheit bewirkt den gesamten Ablauf zum Aufbau und Auslösen einer Verbindung unter Berücksichtigung der verschiedenen Dienste und Leistungsmerkmale. Die Steuerung ist auf die verschiedenen Dienste programmierbar und modular erweiterbar.

6.5.2 Beschreibung der Vorfeldeinrichtung (VfE)

Verteil- und Kommunikationssignale des Mehrleitungssystems in der Netzgrundeinheit werden auf die Einzelfaser in der Teilnehmer-ebene (siehe Bild 6.19) oder auf die separaten Teilnehmerleitungen durch die VfE vermittelt. Die Einzelfaser kann 5 feste Fernsehprogramme, 7 BiF-5MHz-Kanäle, 7 frei wählbare Fernsehprogramme sowie bis zu 500 Gespräche übertragen, wobei allerdings aus Gründen der Sicherheit und des Speicheraufwandes nur 100 Gespräche zugelassen werden.

Funktion und Aufbau: Die ankommende Information auf dem Parallelleitungssystem wird über 4 Regenerativverstärker (Repeater) mit Abzweigeinrichtungen in ein 4-Bit-Parallelregister eingelesen. Aus technischen Gründen kann das Empfangsregister vervielfacht werden, um die Zeit für die Auswertung zu erhöhen. Der erforderliche Takt wird von einer Synchronisier- und Taktrückgewinnungsschaltung geliefert.

Eine Teilnehmer-Identifizierungsschaltung erkennt, ob die Information für einen der angeschlossenen Teilnehmer bestimmt ist, merkt sich gegebenenfalls die Zeitschlitznummer und schiebt den Inhalt des Empfangsregisters in einen Pufferspeicher (E-Speicher). Eine Zeitschlitz-Belegungserkennung schaltet den Multiplexer hinter dem Pufferspeicher so durch, daß der aktuelle Pufferspeicher (S-Speicher) seine Information seriell ausliest und den freien Zeitschlitz im Rahmen der Einzelglasfaser füllt.

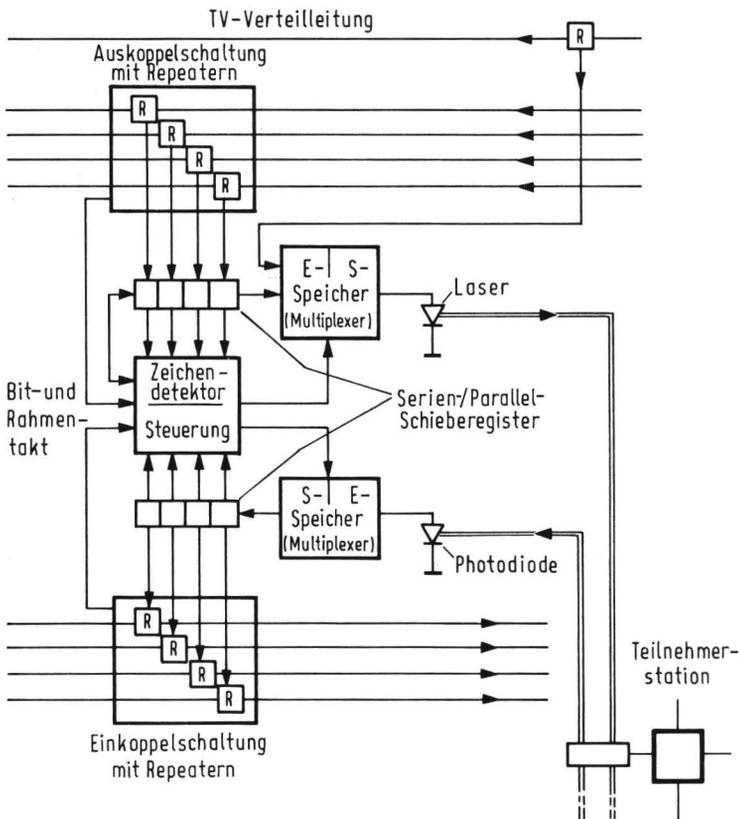


Bild 6.19 Vofeldeinrichtung

Ein zweiter Multiplexer schaltet 5 feste und 7 wählbare Fernsehprogramme durch. Da den Fernsehprogrammen feste Zeitschlitze zugeordnet sind, kann durch geschickte Anordnung auf der Verteilfaser ein Engpaß und somit ein weiterer Pufferspeicher vermieden werden.

Bei Verwendung separater Teilnehmerleitungen werden die Kommunikationssignale auf die betreffenden Teilnehmerleitungen geschaltet, eine Kabelfernseh-Leitung erhält die Fernseh-Programme nach Wahl.

Pufferspeicheraufwand: Da im Rahmen des Parallelleitungssystemes Gespräche, die in dieselbe VfE gehen sollen, anders angeordnet sind als in der Teilnehmerschleife, ist es erforderlich, einen Pufferspeicher vorzusehen. Das gilt auch für zu vermittelnde BiF-5MHz-Gespräche.

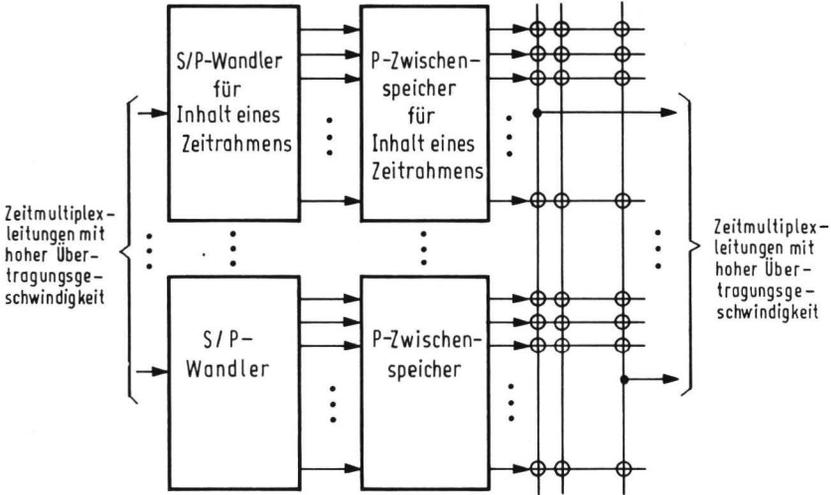
Durchschaltung der gehenden Gespräche: Eine Zeitschlitz-Belegungserkennungsschaltung für das Parallelleitungssystem sucht den gesamten Rahmen nach freien BiF-5MHz- und Fernsprech-Kanälen ab. Da die sendeseitig ankommenden BiF-5MHz- und Fernsprech-Signale je nach Belegung des übergeordneten Rahmens ver-

schiedene Zeitslitze belegen können, ist wiederum eine Pufferung (E- und S-Speicher) wie in der Empfangsschaltung vorzusehen. Die Einspeisung in das Mehrfasersystem erfolgt wieder über ein Serien/Parallelregister (S/P-Wandler).

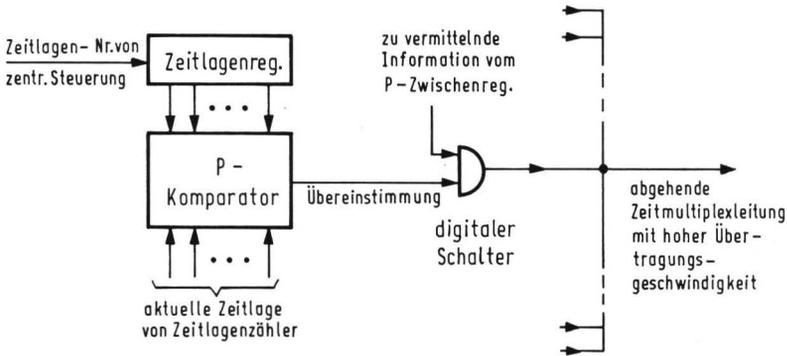
6.5.3 Zentrale Vermittlungs-, Übergangs- und Kompressions-einrichtungen

6.5.3.1 Zentrale Vermittlungseinrichtung zur Parallelverarbeitung bei Kanalgeschwindigkeit

Bei dieser Lösung der zentralen Zeitmultiplexvermittlung werden Schaltungen benutzt, die auch bei dezentraler Vermittlung angewendet werden. Das Prinzip ist sehr einfach (Bild 6.20 a).



a) Prinzipschaltung der Koppelanordnung



b) Steuerung eines einzelnen digitalen Schalters

Bild 6.20 Zeitmultiplex-Koppelanordnung mit vollständiger Parallelsteuerung

Mit Hilfe von S/P-Wandlern werden die ankommenden Bitströme hoher Übertragungsgeschwindigkeit zunächst in Zwischenspeicher (Pufferspeicher) eingelesen. Von dort aus werden die Informationen direkt durch kurzzeitiges Schließen digitaler Schalter (Koppelfeld) in festgelegter Reihenfolge auf die abgehenden Zeitmultiplexleitungen gekoppelt. Das Ein- und Ausschalten der einzelnen Schalter wird nicht durch eine einzige, seriell arbeitende Steuerung vorgenommen, sondern jeder Schalter besitzt eine eigene Ansteuerung.

Diese besteht aus einem Zeitlagenregister und einem parallel arbeitenden Komparator (Bild 6.20 b). Im Zeitlagenregister befindet sich die Nummer der Zeitlage, während der der zugehörige Schalter geschlossen werden soll. Der Komparator vergleicht nun laufend diese Nummer mit der aktuellen, vom Zeitlagenzähler gelieferten Zeitlagen-Nummer. Stimmen beide überein, so gibt der Komparator ein Signal ab, das den Schalter für die Dauer der Zeitlage schließt.

Bei dieser Art von Zeitmultiplex-Koppelanordnungen müssen viele Schaltungsteile sehr schnell arbeiten. Außerdem treten Verdrahtungsprobleme auf, die darin liegen, daß alle Schalter mit den abgehenden Zeitmultiplexleitungen so verbunden werden müssen, daß keine unzulässig großen Signal-Laufzeiten und -Überkopplungen auftreten. Für die Realisierung einer derartigen Vermittlung muß noch ein großer Forschungs- und Entwicklungsaufwand getrieben werden.

6.5.3.2 *Übergangseinrichtungen zwischen dezentral und zentral vermittelnden Netzen*

Beim Entwurf zukünftiger Netze stellt sich unmittelbar die Frage der Kompatibilität mit bestehenden Netzen, um während ihrer Aufbau-phase in Verbindung mit diesen betrieben werden zu können. Dies bedeutet, daß zwischen dem hier vorgeschlagenen, digitalen Breitbandnetz und einem konventionellen, analogen Netz, wie dem derzeitigen Fernsprechnet, Übergänge zwischen verschiedenen Hierarchiestufen möglich sein müssen. Außerdem sollte die Möglichkeit bestehen, digitale Teilnetze, die an örtlich weit voneinander entfernt liegenden Stellen entstehen, durch Breitband-Trägerfrequenzsysteme, z. B. unter Verwendung von Richtfunk und Hohlkabeln, miteinander zu verbinden.

In Bild 6.21 sind Übergänge zwischen den beiden Netzen dargestellt. Eine Vermittlungsstelle (VSt) eines analogen, zentral gesteuerten Netzes ist im Fall a) mit der Kopfstelle (KSt) einer dezentralen Netz-grundeinheit verbunden, während sie im Fall c) mit einer zentralen Vermittlungsstelle (VSt) einer höheren Hierarchiestufe des digitalen Netzes in Verbindung steht. Schließlich ist in b) die Möglichkeit angedeutet, daß zwei digitale Breitbandnetze mit Hilfe einer Trägerfrequenz-Trasse zu einem Netz zusammengeschaltet werden.

Die Aufgabe der Übergangseinrichtung an der Schnittstelle zwischen einem digitalen, dezentral vermittelnden Netz und einer Raummultiplex-Vermittlung im analogen, zentral vermittelnden Netz besteht nach Bild 6.22 darin, Digitalsignale bestimmter Zeitmultiplexkanäle

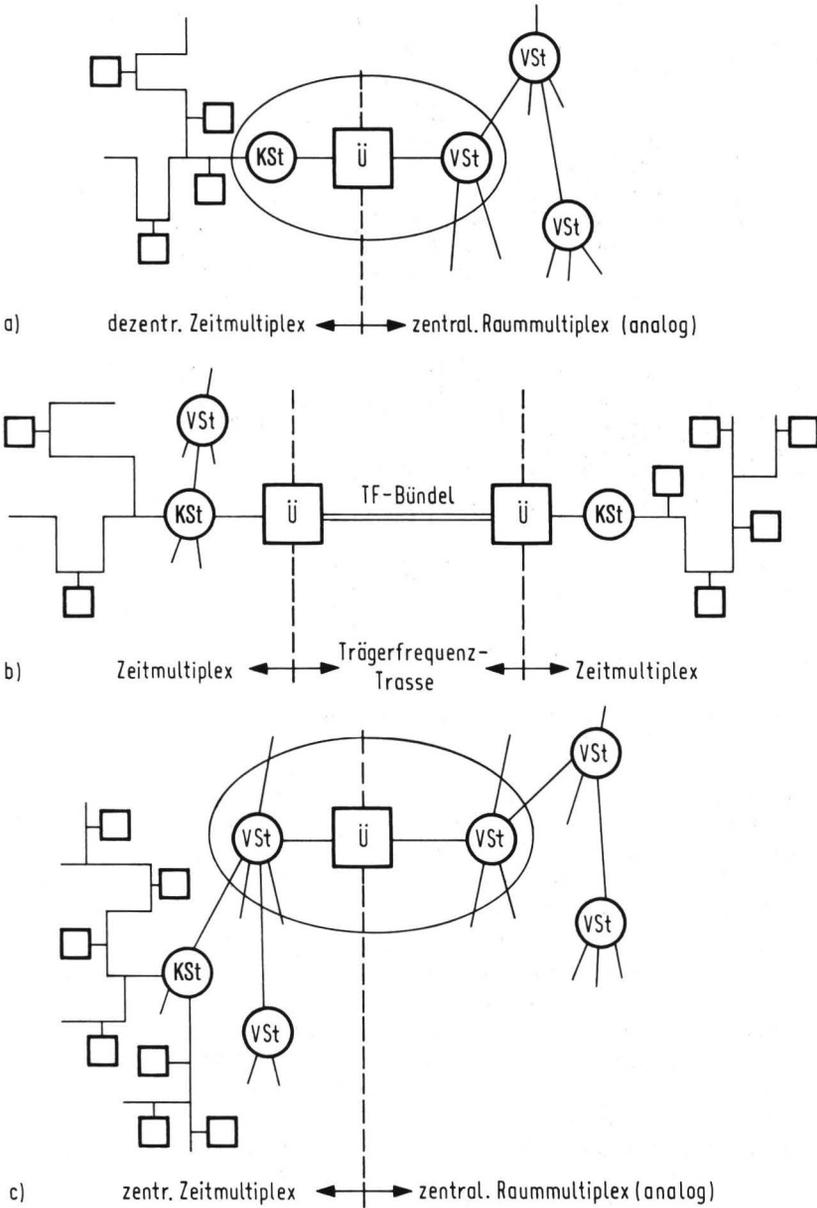


Bild 6.21 Übergänge zwischen dezentral und zentral vermittelnden Netzen

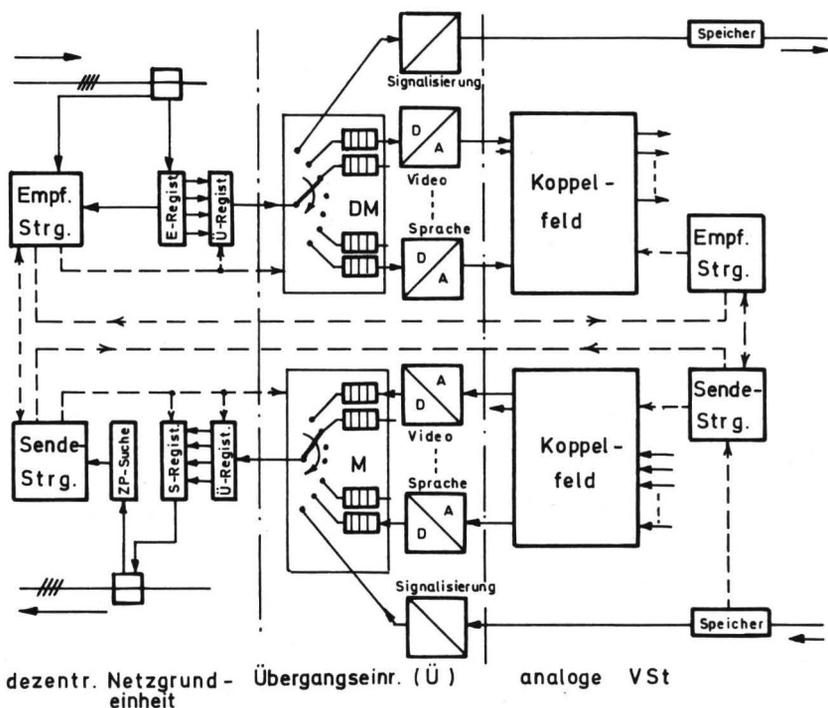


Bild 6.22 Übergangseinrichtung zwischen dezent. Zeitmultiplex und zentr. Raummultiplex (analog)

der dezentralen Grundeinheit durch Digital-Analog-Wandler (D/A-Wandler) in Analogsignale umzusetzen, die über ein Koppelfeld auf bestimmte Leitungen der Raumvielfach-Vermittlungsstelle wirken. Außerdem muß durch spezielle Umformer die Übergabe der Signalisierung von einem in das andere Netz sichergestellt sein.

Die Empfangssteuerung (E-Strg) auf der Seite des digitalen Netzes erfüllt folgende Funktionen: Sie entnimmt dem im Empfangsregister von dem 4-Faser-Bündel aufgenommenen Bitstrom die den Einzelkanälen zugeordnete Signalisier- und Adreßinformation und teilt sie der Empfangssteuerung auf der Analogseite mit, damit diese die entsprechende Ausgangsleitung des Koppelfeldes mit dem jeweiligen D/A-Wandler-Ausgang durchschalten kann. Den Demultiplexer (DM) zur zeitlagerichtigen Anschaltung eines zu dem Kanal (Video- oder Sprachsignal) passenden D/A-Wandlers steuert ebenfalls die E-Strg der dezentralen, digitalen Netzgrundeinheit.

Auf der Sendeseite stehen die Sendesteuerungen (S-Strg) der beiden Netze miteinander in Verbindung zur Übernahme der analogseitigen Adreß- und Signalisierinformation für die Durchschaltung des Koppelfeldes auf einen passenden A/D-Wandler und zur Steuerung des Multiplexers (M), der die rahmengemäße Zusammenfassung der von den A/D-Wandlern gelieferten Digitalsignale bewirkt.

Die Übergabe der Signalisierung vom Digitalnetz in das Analognetz, und umgekehrt, erfolgt mit Hilfe von Signalisierzeichen-Wandlern. Bei der Darstellung in Bild 6.22 ist eine Signalisierung auf einem getrennten Kanal vorausgesetzt. Die Wandlung der Signalisierzeichen kann durch Umcodierung der entsprechenden Datenflüsse erfolgen. Anders sieht es beim Übergang zu einem Analognetz mit Signalisierung auf dem Informationskanal aus, wie beispielsweise beim derzeitigen Fernsprechnet. In dieser Übergangseinrichtung müssen entsprechende Empfänger und Sender zum Erkennen bzw. Erzeugen der Signalisierzeichen vorhanden sein.

6.5.3.3 *Kompressionseinrichtungen*

In Abschnitt 5.6 wurde bereits erwähnt, daß die Datenflüsse von Ton- und Bildsignalen komprimiert werden. Dies ist besonders bei Übertragung von Farbfernseh- und BiF-5MHz-Signalen mit ihrem großen Bandbreitebedarf zur Reduktion der benötigten Kanalkapazität von großer Bedeutung. Der Einsatz von Kompressionseinrichtungen wird wesentlich durch die Forderungen nach Wirtschaftlichkeit und Übertragungsqualität bestimmt. Dementsprechend werden in den einzelnen Hierarchiestufen des Übertragungsweges unterschiedliche Kompressionseinrichtungen eingesetzt. Die Übertragungsqualität wird bei starker Kompression durch zusätzliche Kanalcodierung gesichert.

Zur Kommunikation stehen dem Teilnehmer Sprache und Bild zur Verfügung. Für die Bildcodierung wird das Luminanzsignal mit 12 MHz abgetastet. Das ist die Voraussetzung für die Darstellung von Dokumenten und Druckschrift mit guter Auflösung auf dem Bildgerät. Zusätzlich wird eine einheitliche Technik für die Bildcodierung von Fernseh- und BiF-Signalen erreicht.

Die erste Codierung erfolgt in einem Differenz-PCM-Coder (DPCM-Coder), der den Datenfluß gegenüber PCM auf die Hälfte komprimiert und bei 4 bit/Sample dann 48 Mbit/s abgibt (Schwarz/Weiß-Bild). Seine Wirkung beruht auf der bekannten Tatsache, daß sich innerhalb eines Fernsehbildes der Grauwert zwischen benachbarten Bildpunkten kaum ändert. Dementsprechend wird in dem DPCM-Coder nur die Differenz zwischen aktuellem Grauwert und einem aus vorausgegangenen Bildpunkten berechneten Schätzwert codiert (siehe Abschnitt 4.1.3).

Für die Fernübertragung werden die BiF-5MHz-Signale in den Ortsvermittlungsstellen mit einem Interframe-Coder nochmals um den Faktor 3 komprimiert. Die prinzipielle Wirkungsweise beruht darauf, daß bei Bewegtbildübertragung der Anteil der veränderten Bildpunkte am Gesamtbild relativ gering ist und der Datenfluß bei der Übertragung der Änderungen zwischen aufeinanderfolgenden Bildern anstelle des Gesamtbildes entsprechend reduziert wird. Allerdings ist der Hardwareaufwand erheblich, denn Sender und Empfänger müssen mit einem Vollbildspeicher ausgerüstet sein. Die Entscheidung, welche Bildbereiche sich geändert haben, wird vom Bewegungsdetektor getroffen. Er vergleicht zwischen örtlich gleichen Bildelementen zeitlich

aufeinanderfolgender Vollbilder. Wird eine signifikante Änderung festgestellt, so muß dieser neue Zustand, mit einer Adresse versehen, an den Empfänger übertragen werden. Auf diese Weise wird ein ungleichmäßiger Datenfluß erzeugt, der von einem Pufferspeicher ausgeglichen wird. Zur Vermeidung von Überläufen im Pufferspeicher kann die Schwelle im Bewegungsdetektor geregelt werden.

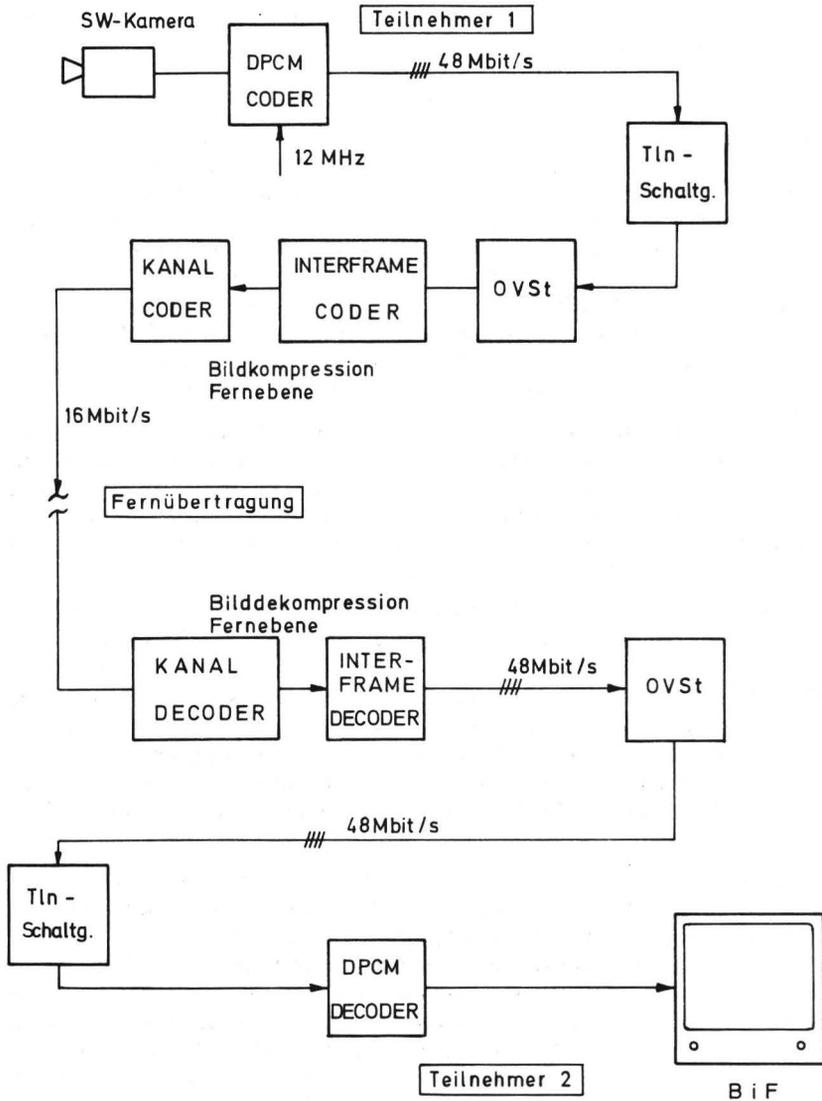


Bild 6.23 Kompressionseinrichtungen für die Übertragung von Bildfernsprech-Signalen

Die Bildsignale sind nach dieser Codierung bereits um den Faktor 6 komprimiert und entsprechend störanfällig. Deshalb wird zur Qualitätssicherung eine Kanalcodierung durchgeführt, die den Datenfluß um ca. 5% Redundanz vergrößert. Bild 6.23 zeigt den Übertragungsweg des BiF-Signals zwischen zwei Teilnehmern.

Zum Empfang von Farbfernsehsignalen ist ein Decoder vorgesehen, der gegenüber dem BiF-Empfangsteil nur um die Farbdecodierung erweitert werden muß, da Luminanz und Chrominanz getrennt codiert werden. Damit sind Bildfernsprechen und Fernsehen beim Schwarz/Weiß-Signal kompatibel.

7 Typischer Investitionsaufwand für Breitbandvermittlungsnetze

7.1 Planungsmodelle

7.1.1 Voraussetzungen für den Vergleich der Investitionsaufwendungen

Die im folgenden angegebenen Planungsmodelle sollen die Voraussetzungen für einen Vergleich der Investitionsaufwendungen liefern. Es werden dabei 4 technisch verschiedenartige Lösungen betrachtet, denen unterschiedliche Voraussetzungen zugrunde liegen (siehe Abschnitte 5.3, 5.4, 5.5 und 5.6).

Da die betrachteten Planungsmodelle nur statisch (d. h. ohne Aufwendungen für eine Einführungsphase und ohne Betriebskosten) und nach modellmäßigen Vereinfachungen (siehe weiter unten) betrachtet wurden, können die Ergebnisse der Abschätzung der Investitionsaufwendungen nur orientierenden Charakter haben. Während sich Lösung A auf eine bereits eingeführte Technik abstützt, sind die entsprechenden Angaben für Lösung B und in noch größerem Maße für die Lösungen C und D mit Unsicherheitsfaktoren belastet!

L ö s u n g A (siehe Abschnitte 5.3 und 6.3)

System mit videofrequenter Übertragung der Breitbandsignale im Ortsnetz und analog modulierter Übertragung über Einrichtungen bestehender Technik im Fernnetz.

Die vermittlungstechnische Durchschaltung der Breitbandsignale erfolgt im Ortsnetz in Videolage, im Fernnetz ebenfalls in Videolage oder in analog modulierter Form in niedriger Frequenzlage (Bandobergrenze ca. 12MHz). Die Steuerungsaufgaben für die Breitbandvermittlung werden die mit entsprechenden Zusätzen versehenen Fernsprechvermittlungsstellen des EWS leisten.

L ö s u n g B (siehe Abschnitte 5.4 und 6.4)

System mit videofrequenter Übertragung in der Orts- und unteren Fernnetzebene und digitaler Übertragung in den oberen Fernnetzebenen (ab KVSt).

Die vermittlungstechnische Durchschaltung der Breitbandsignale erfolgt im Ortsnetz und den unteren Fernnetzebenen in Videolage, in den oberen Netzebenen als Digitalsignal im Raumvielfach (Durchschaltung von Bitströmen). Die Steuerungsaufgaben für die Breitbandvermittlung sollen die mit entsprechenden Zusätzen versehenen Fernsprechvermittlungsstellen des EWS leisten.

Lösung B unterscheidet sich von Lösung A dadurch, daß in den oberen Fernebenen Digitalsignale übertragen und vermittelt werden.

L ö s u n g C (siehe Abschnitt 5.5)

System mit videofrequenter Übertragung in der Ortsnetzebene und digitaler Übertragung über Glasfaserkabel im 1,2 Gbit/s-Bereich in der Fernnetzebene.

Die vermittlungstechnische Durchschaltung erfolgt somit im Ortsbereich wie bei Lösung A und B in Videolage. Im gesamten Fernnetz-Bereich ab EVSt werden die Breitband-Signale als Bit-Strom (64 Mbit/s) im Raumvielfach durchgeschaltet.

Vermittlungstechnische Steuerungsaufgaben werden wie bei Lösung A und Lösung B realisiert.

L ö s u n g D (siehe Abschnitte 5.6 und 6.5)

System mit digitaler Übertragung über Glasfaserkabel im gesamten Netz.

Im Ortsnetzbereich wird dezentrale Vermittlungstechnik angewandt. In den Fernnetzebenen werden, ähnlich wie bei den Lösungen B und C, Digitalisignale an zentralen Stellen vermittelt.

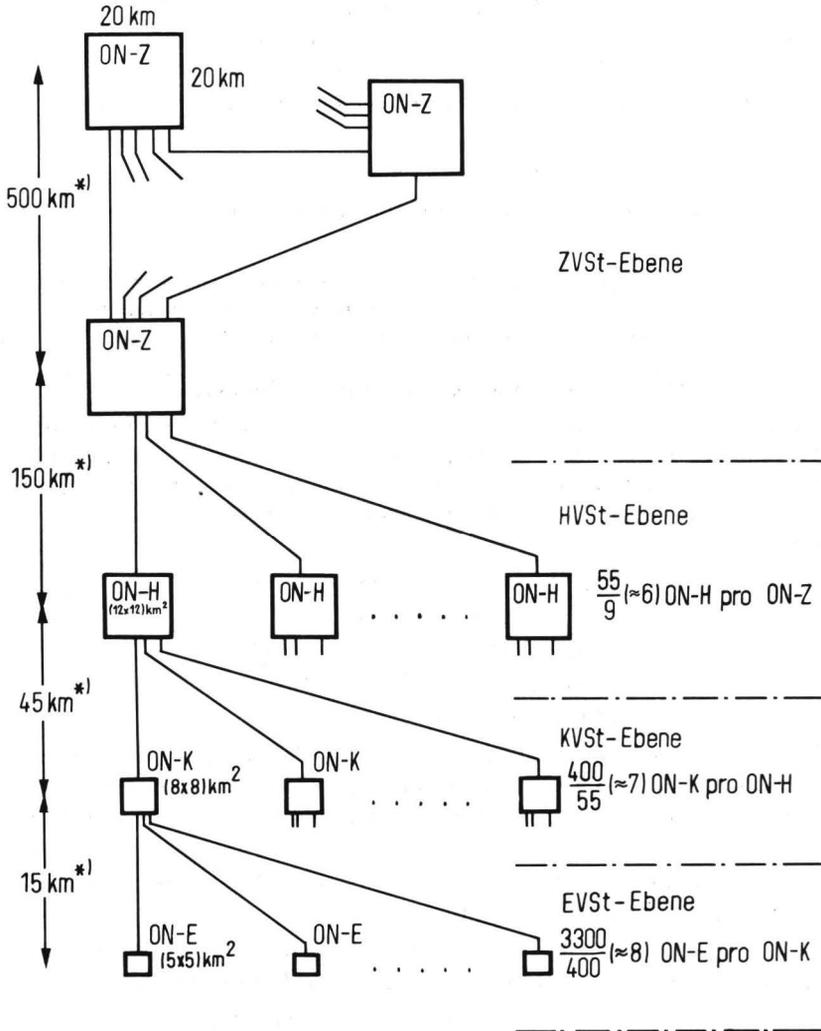
7.1.2 Geografische Verteilung der Breitbandteilnehmer

Die in den Planungsmodellen zugrunde gelegte Zahl von Breitbandteilnehmern wird proportional der Verteilung einer angenommenen Anzahl von 15 Millionen Fernsprechteilnehmern auf Ortsnetztypen entsprechend der Hierarchie des Fernsprechnetzes verteilt (siehe Abschnitt 5.1).

- Dabei werden vier Ortsnetztypen definiert, und zwar
 - 9 Ortsnetze vom Typ ON-Z¹⁾
 - 55 Ortsnetze vom Typ ON-H¹⁾
 - 400 Ortsnetze vom Typ ON-K¹⁾
 - 3 300 Ortsnetze vom Typ ON-E¹⁾
- Die Ortsnetze innerhalb eines Typs haben alle die gleichen Abmessungen, gleiche Anzahlen von Fernsprech- und von Breitbandteilnehmern sowie gleiches Verkehrsaufkommen und gleiche Verkehrsverteilung.
- Die Breitbandteilnehmer sind über die jeweilige Fläche des Ortsnetztyps gleichmäßig verteilt.
- Für die Lösungen A, B, C und D werden je 3 verschiedene Ausbaugrade betrachtet (100% $\hat{=}$ 15 Millionen Fernsprechteilnehmer)
 - Ausbaugrad I : 0,1% aller Fernsprechteilnehmer sind Breitbandteilnehmer
 - Ausbaugrad II : 1% aller Fernsprechteilnehmer sind Breitbandteilnehmer
 - Ausbaugrad III : 10% aller Fernsprechteilnehmer sind Breitbandteilnehmer

¹⁾ Abkürzungen siehe Bild 7.1

- Breitbandteilnehmer sind entweder Gruppen- oder Einzelteilnehmer. Als Gruppenteilnehmer sind sie an eine Nebenstellenanlage angeschlossen, und zwar immer 10 Gruppenteilnehmer pro Nebenstellenanlage mit einem Verkehrsaufkommen entsprechend Abschnitt 7.1.5 und 7.1.6.



ON-Z	Ortsnetztyp	am Ort	der	ZVSt
ON-H	"	"	"	HVSt
ON-K	"	"	"	KVSt
ON-E	"	"	"	EVSt

^{*)} km Angaben sind mittlere Leitungslängen

Bild 7.1 Hierarchische Anordnung der Ortsnetztypen

7.1.3 Fernnetzstruktur

Das Breitband-Fernnetz ist in Anlehnung an das Fernsprechnetz nach Bild 7.1 im Vollausbau ein aus 4 Netzebenen (ZVSt-, HVSt-, KVSt- und EVSt-Ebene) bestehendes Sternnetz; nur in der oberen Netzebene erfolgt Vermaschung.

- In jeder Netzebene kommen nur gleichartige Ortsnetztypen vor.
- Die in Bild 7.1 angegebenen Längenwerte sind Leitungslängen unter Berücksichtigung von Umwegen.
- Abweichend von der tatsächlichen Struktur der Fernsprechvermittlungstechnik haben die Teilnehmer am Orte einer Z-, H- oder KVSt über die BB-Gr-VSt des Ortsnetz-Bereiches unmittelbaren Zugang zur Breitband-Vermittlungsstelle.
- Nach hierarchischer Gliederung entfallen (vgl. Abschnitt 7.1.2 und Bild 7.1) auf 9 Ortsnetze vom Typ ON-Z insgesamt 55 Ortsnetze vom Typ ON-H.

7.1.4 Ortsnetzstruktur

- Für die betrachteten Ortsnetztypen wurden nach Bild 7.1 (und Abschnitt 5.1) die folgenden mittleren Versorgungsflächen festgelegt

Typ ON-Z 20 km × 20 km

Typ ON-H 12 km × 12 km

Typ ON-K 8 km × 8 km

Typ ON-E 5 km × 5 km

- Diese Versorgungsflächen teilen sich jeweils in eine bestimmte Anzahl von Anschlußbereichen auf, nämlich

Typ ON-Z : 49 Anschlußbereiche

Typ ON-H : 16 Anschlußbereiche

Typ ON-K : 4 Anschlußbereiche

Typ ON-E : 1 Anschlußbereich

- Jeder Anschlußbereich enthält nach Bild 7.2 in seiner Mitte eine Fernsprechvermittlungsstelle.
- Je nach Modellfall (siehe weiter unten) sind alle oder ein Teil der Fernsprechvermittlungsstellen im Ortsnetz mit Breitband-Vermittlungszusätzen ausgerüstet.
- Bei den Lösungen A, B und C sind die Leitungen sternförmig an die Breitband-Ortsvermittlungsstellen (BB-OVSt) herangeführt. Bei Lösung D wird im Ortsnetzbereich dezentral in einem Verzweigungsnetz vermittelt.
- Nach Bild 7.2 sind im Falle der dezentralen Vermittlungstechnik die Anschlußbereiche in Abhängigkeit von der Anzahl der Breitband-Teilnehmer in Teilbereiche unterteilt. In der Mitte der jeweiligen Teilbereiche ist eine Breitband-Vorfeldeinrichtung (BB-VfE) angeordnet.

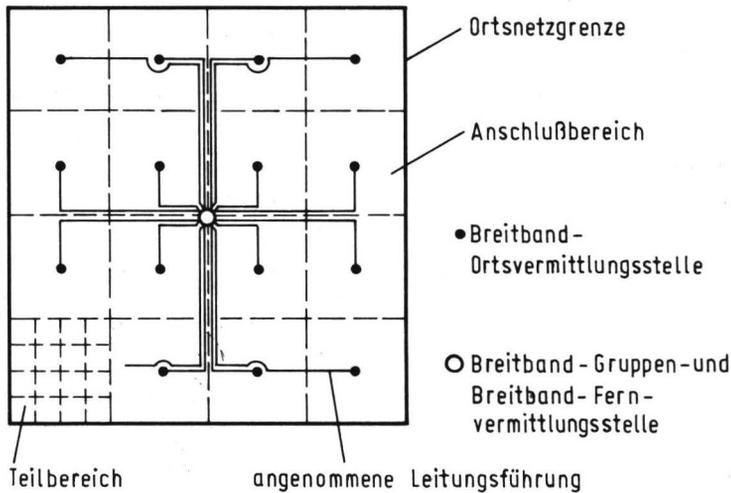


Bild 7.2 Ermittlung der Leitungslängen im Ortsnetz (Beispiel)

Im einzelnen ergibt sich damit jeweils folgende Anzahl von Teilbereichen:

Ausbaugrad	I	II	III
Typ ON-Z	96	720	6 860
Typ ON-H	16	100	560
Typ ON-K	—	12	80
Typ ON-E	—	—	9

- Die Breitband-Ortsvermittlungsstellen der einzelnen Anschlußbereiche innerhalb eines Ortsnetzes sind abweichend vom Fernsprechnetzt ausschließlich sternförmig über eine Breitband-Gruppenvermittlungsstelle (BB-Gr-VSt) zusammengeschaltet.
- Diese Breitband-Gruppenvermittlungsstelle ist gleichzeitig der Übergang in die Breitband-Fernebene.
- Die Kabeltrassen zwischen der Breitband-Gruppenvermittlungsstelle und den Breitband-Ortsvermittlungsstellen sowie zwischen der Breitband-Ortsvermittlungsstelle und dem Teilnehmeranschluß folgen den als rechtwinklig verlaufend angenommenen Straßenführungen.
- Die innerhalb eines Hauses verlegten Fernmeldeleitungen bleiben in der Kostenabschätzung unberücksichtigt.

7.1.5 Breitbandverkehr

- Innerhalb eines Ortsnetzes soll das Verkehrsaufkommen aller Gruppenteilnehmer und aller Einzelteilnehmer jeweils gleich groß sein. Das Verkehrsaufkommen eines Einzelteilnehmers beträgt 0,01 Erl, das eines Gruppenteilnehmers 0,05 Erl.
- 30% des im Ortsnetz entstehenden Verkehrs soll das Ortsnetz als Fernverkehr verlassen.
- Dieser Fernverkehr verteilt sich nach Bild 7.3 entsprechend den Ausbaugraden auf die verschiedenen Fernebenen.
- Entsprechend Abschnitt 5.1 werden folgende Verlustwahrscheinlichkeiten p angenommen:

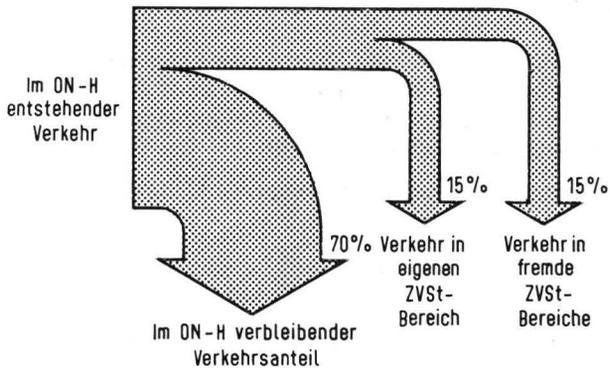
Anschlußleitungen zu Nebenstellenanlagen	$p = 5\%$
Ortsvermittlungseinrichtungen	$p = 1\%$
Fernvermittlungseinrichtungen	$p = 0,1\%$
Fernleitungen	$p = 0,1\%$
- Daraus resultiert die in Bild 7.4 jeweils erforderliche Anzahl von Breitbandkanälen auf den einzelnen Leitungsabschnitten.
- Die im Bild 7.4 von den Breitband-Gruppenvermittlungen ausgehende sternförmige Netzstruktur gilt für die Lösungen A, B und C. Bei der Lösung D (dezentrale Vermittlung) ist diese Struktur durch ein Verzweigungsnetz ersetzt.

7.1.6 Ausbaugrade (vgl. Tabelle 7.5)

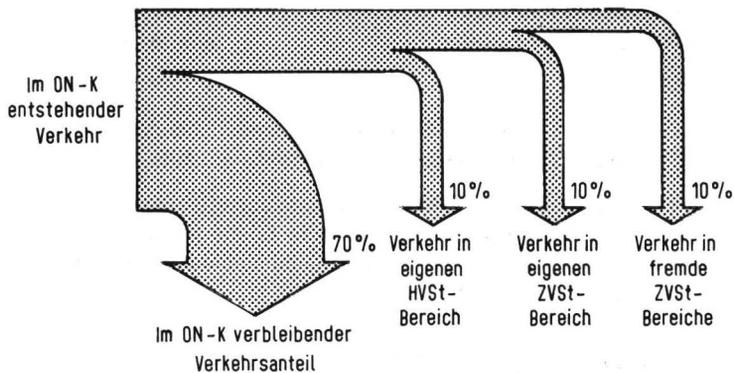
7.1.6.1 Ausbaugrad I

- Nur in den beiden Ortsnetztypen ON-Z und ON-H gibt es Breitband-Teilnehmer.
- Die Breitband-Teilnehmer sind nur Gruppenteilnehmer, also Breitband-Teilnehmer in Nebenstellenanlagen.
- Nur ein Teil der Fernsprechvermittlungsstellen wird zur Breitband-Ortsvermittlungsstellen erweitert, nämlich

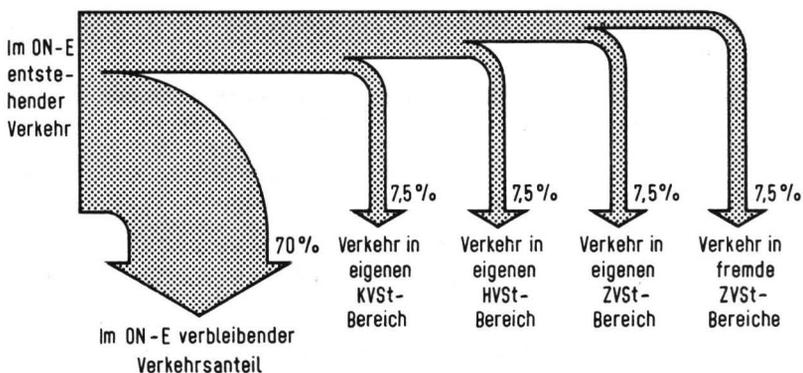
im Typ ON-Z	16 von insgesamt 49 Vermittlungsstellen
im Typ ON-H	4 von insgesamt 16 Vermittlungsstellen
- Die Breitband-Teilnehmer aus den übrigen Anschlußbereichen werden an diese Breitband-Ortsvermittlungsstellen herangeführt.
- Der im jeweiligen Ortsnetz entstehende Breitband-Fernverkehr teilt sich nach Bild 7.3a auf in den Verkehr zu anderen Zentralvermittlungsstellen-Bereichen und zu den Ortsnetzen des eigenen Zentralvermittlungsstellen-Bereichs.



a) Ausbaugrad I



b) Ausbaugrad II



c) Ausbaugrad III

Bild 7.3 Aufteilung der Verkehrsflüsse in Abhängigkeit vom Ausbaugrad

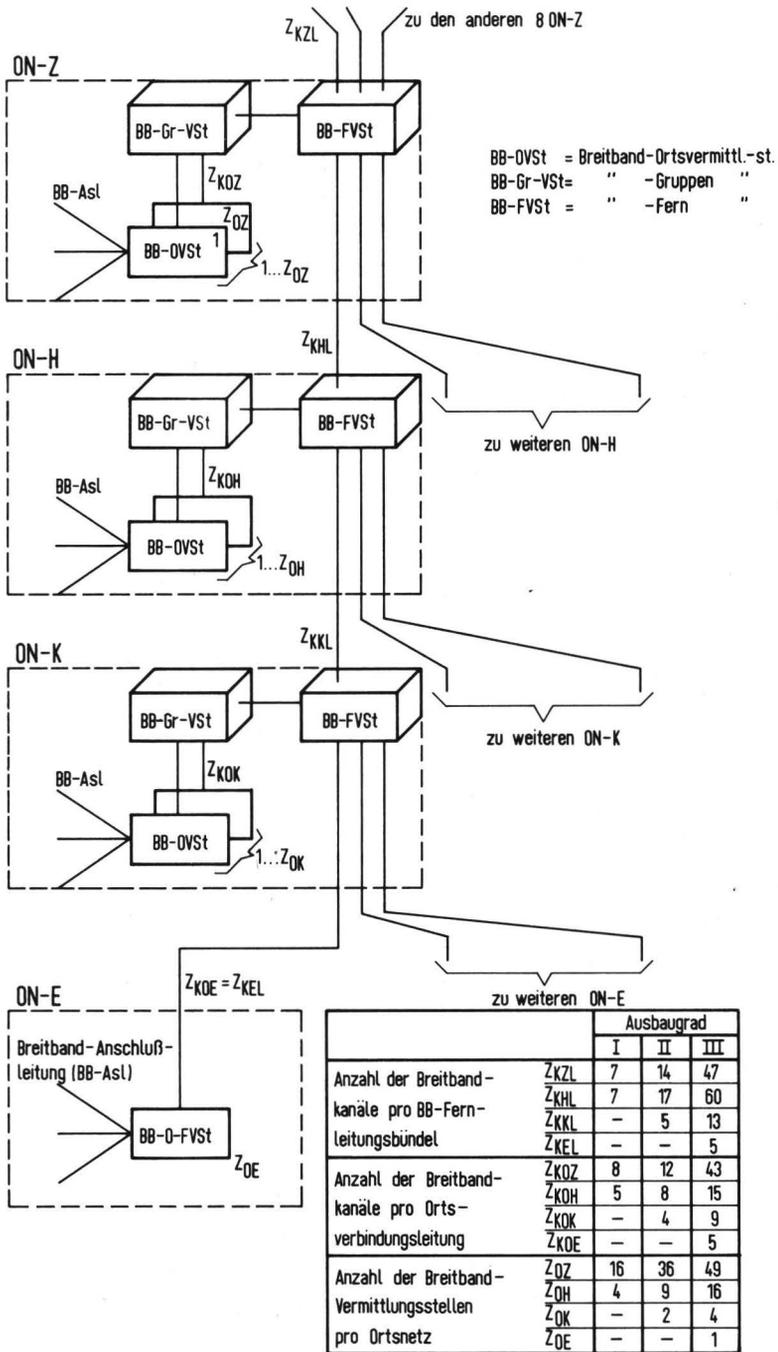


Bild 7.4 Anzahl der erforderlichen Breitbandkanäle in Abhängigkeit vom Ausbaugrad

Ausbaugrad		I 0,1 % BB-Tln		II 1 % BB-Tln			III 10 % BB-Tln			
		ON-Z	ON-H	ON-Z	ON-H	ON-K	ON-Z	ON-H	ON-K	ON-E
Ortsnetze mit Breitband- vermittlung	Z _N	9	55	9	55	400	9	55	400	3 300
	Z _A	8	7	60	50	40	600	300	300	300
Breitband-Ortsvermittlungs- stellen pro Ortsnetz	Z _O	16	4	36	9	2	49	16	4	1
Breitbandteilnehmer pro BB-Ortsvermittlungsstelle davon Gruppen-Tln davon Einzel-Tln	Z _{BB}	56	32	185	101	50	1 360	340	187	90
	Z _G	56	32	93	51	25	453	114	62	30
	Z _E	—	—	92	50	25	907	226	125	60
BB-Nebenstellenanlagen pro BB-Ortsvermittlungsstelle	Z _{NA}	6	4	9	5	3	45	11	6	3
Anschlußstellen pro BB-Ortsvermittlungsstelle	Z _{ASt}	6	4	100	56	30	961	240	132	64
Breitband-Hauptleitungen pro BB-OVSt	Z _{HL}	18	9	27	15	9	135	33	18	9
Breitband-Hauptanschlüsse pro BB-OVSt	Z _{HA}	—	—	92	51	25	907	226	125	61

Tabelle 7.5 Übersicht über Modellannahmen in Abhängigkeit vom Ausbaugrad

7.1.6.2 Ausbaugrad II

- Nur in den Ortsnetztypen ON-Z, ON-H und ON-K gibt es Breitband-Teilnehmer.
- Die Anzahl der Gruppenteilnehmer ist gleich der Anzahl der Einzelteilnehmer.
- Von den in den Ortsnetzen vorhandenen Fernsprechvermittlungsstellen sind nur folgende zu Breitband-Ortsvermittlungsstellen erweitert, nämlich
 - im Typ ON-Z 36 von insgesamt 49 Vermittlungsstellen
 - im Typ ON-H 9 von insgesamt 16 Vermittlungsstellen
 - im Typ ON-K 2 von insgesamt 4 Vermittlungsstellen
- Der im jeweiligen Ortsnetz entstehende Verkehr teilt sich nach Bild 7.3 b auf.

7.1.6.3 Ausbaugrad III

- Alle Ortsnetze enthalten Breitband-Teilnehmer.
- Die Anzahl der Einzelteilnehmer ist doppelt so groß wie die Anzahl der Gruppenteilnehmer.
- Alle Fernsprechvermittlungsstellen sind mit Breitbandvermittlungszusätzen ausgerüstet.
- Der im jeweiligen Ortsnetz entstehende Verkehr teilt sich nach Bild 7.3 c auf.

7.2 Investitionen für die Lösung A

Bild 7.6 zeigt den Systemaufbau im Ausbaugrad III und die bei der Kostenermittlung berücksichtigten Systemanteile. Dabei sind an keiner Stelle des Netzes Glasfaser-Systeme eingesetzt.

Die Übertragung erfolgt in den unteren Netzebenen videofrequent. Erst oberhalb der Breitband-Knotenvermittlungsstelle wird ein Trägerfrequenz-Übertragungsverfahren angewandt. Im folgenden werden die in Tabelle 7.9 aufgeführten Investitionsanteile näher erläutert.

Bereich der videofrequenten Übertragung

Aus Tabelle 7.7 geht hervor, daß abhängig von Schwarz/Weiß- oder Farbübertragung und von der Bildnorm (BiF-5MHz bzw. BiF-1MHz) entweder symmetrische, bündelgeschirmte Kabel mit 0,9 mm Leiterdurchmesser verlegt werden müssen oder im Ortsnetz freie Adern in bereits verlegten Kabeln herkömmlicher Technik verwendet werden können.

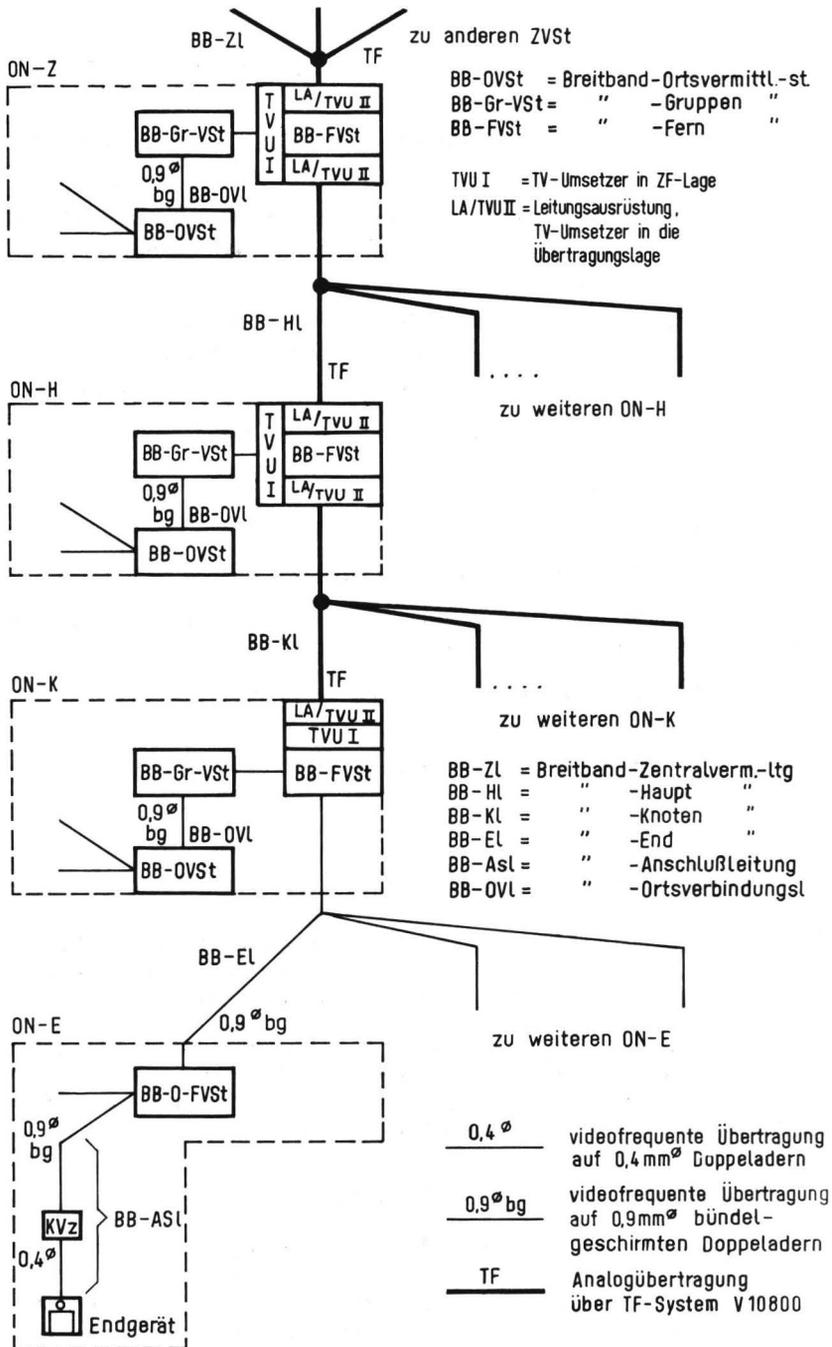


Bild 7.6 Systemaufbau Lösung A am Beispiel des Ausbaugrades III

Strecke (vgl. Bild 7.6)	BiF-5 MHz (Farbe)	BiF-5 MHz (Schwarz/Weiß)	BiF-1 MHz
BB-El	0,9 bg	0,9 bg	0,9 bg
BB-OVI	0,9 bg	0,9 bg	0,9 bg
BB-Asl zwischen BB-OVSt und KVz	0,9 bg	0,9 bg	0,4
BB-Asl zwischen KVz und Endgerät	0,4 *)	0,4	0,4

0,9 bg = Kabel mit bündelgeschirmten Doppeladern, 0,9 mm Leiterdurchmesser

0,4 = Kabel mit 0,4 mm Leiterdurchmesser des bestehenden Fernsprechan-schlußleitungsnetzes

*) = Neuverlegung von 2 Kabeln für Vor- und Rückrichtung aus Gründen erhöhter Nebensprechdämpfung

Tabelle 7.7 Übersicht über Leitungen im Ortsnetz

Neu verlegte Kabel, die nur teilweise belegt sind, gehen voll in die Rechnung ein. Nach Tabelle 7.7 ist die Benutzung bereits verlegter Kabel auf dem Teilnehmer-Anschlußleitungs-Abschnitt zwischen Teilnehmer-Endgerät und Kabelverzweiger KVz bei BiF-5 MHz (Schwarz/Weiß) und bei BiF-1 MHz möglich. Für die Abschätzung wurde mit einem Mittelwert von 300 m Kabellänge gerechnet. Diese Mitbenutzung bringt im Ortsnetz beim Ausbaugrad III eine Einsparung von 34% gegenüber der bei BiF-5 MHz (Farbe) erforderlichen Neuverlegung von Kabeln auf diesem Abschnitt.

Bei BiF-1 MHz können auf der gesamten Strecke zwischen Teilnehmer-Endgerät und der Breitband-Ortsvermittlungsstelle freie Adern bereits verlegter Kabel für die Breitband-Übertragung genutzt werden. Deshalb, und wegen des bei BiF-1 MHz größeren Verstärkerabstandes gegenüber BiF-5 MHz (vgl. Tabelle 7.8), ergibt sich hieraus im Ortsnetz beim Ausbaugrad III eine Kosteneinsparung von 84% gegenüber dem Aufwand für BiF-5 MHz (Farbe).

Im Bereich videofrequenter Übertragung sind Verstärkerabstände für die Leitungsverstärker nach Tabelle 7.8 vorgesehen. Die erforderlichen Verstärker sind in Bild 7.6 aus Gründen der Übersichtlichkeit nicht eingezeichnet.

Norm	Leitungsart	
	0,9 bg	0,4
BiF-5 MHz	2,5 km	0,3 km
BiF-1 MHz	4,5 km	1,2 km

Tabelle 7.8 Verstärkerabstände bei videofrequenter Übertragung

Bereich der TF-Übertragung

Oberhalb der Knotenvermittlungsstelle wird das Breitbandsignal in eine für das 60 MHz-Trägerfrequenz-System V 10 800 geeignete Frequenzlage umgesetzt. Diese Umsetzung erfolgt in mehreren Stufen (vgl. Abschnitt 4.3). Die erste Umsetzungsstufe TVU I bringt das Bildsignal in eine Zwischenfrequenzlage (Bandobergrenze ca. 12 MHz). In dieser Zwischenfrequenzlage erfolgt in der Breitband-Fernvermittlungsstelle (BB-FVSt) auch die vermittlungstechnische Durchschaltung.

Nach weiteren Umsetzungen in den Umsetzern TVU II und LA nach Bild 4.10 sind dann sechs BiF-5 MHz-Kanäle oder 36 BiF-1 MHz-Kanäle auf einem System V 10 800 übertragbar. Die Anzahl der somit erforderlichen Systeme V 10 800 auf den einzelnen Fernleitungsabschnitten ist aus den in Bild 7.4 eingetragenen Kanalzahlen ermittelbar.

Breitband-Ortsvermittlung

Die Breitband-Ortsvermittlungsstellen sind Zusätze der bestehenden Fernsprech-Vermittlungseinrichtungen und werden grundsätzlich vom Steuerrechner der bestehenden Fernsprechvermittlungsstelle mitgesteuert. Alle Breitband-Ortsvermittlungsstellen sind sternförmig an die nur einmal vorhandene Breitband-Gruppenvermittlungsstelle angeschlossen. Die Breitband-Gruppenvermittlungsstelle vermittelt nur den Durchgangsverkehr innerhalb des Ortsnetzes und den Verkehr in das Fernnetz. Im Ausbaugrad III ist in den großen Ortsnetzen bei der Kostenermittlung der Aufwand eines eigenen Steuerrechners berücksichtigt. Die nach den Planungsmodellen ermittelten Verkehrswerte bestimmen den Aufwand in Peripherie (Sätze und Koppelnetzwerke) und im Zentralsteuerwerk (Speicherplatz). Wie aus den Kostenübersichten ersichtlich, ist der prozentuale Anteil der Breitband-Vermittlungstechnik an den Gesamtkosten sehr gering.

Breitband-Fernvermittlung

Die Breitband-Fernvermittlungstelle wird von der Ortsnetzebene aus über die Breitband-Gruppenvermittlungsstelle erreicht. Hier wird der Breitband-Vermittlungszusatz von der Steuerung der Fernsprech-Fernvermittlungsstelle mitgesteuert. Der Aufwand für die Peripherie und für den Zentralsteuerwerksanteil ergibt sich aus den ermittelten Verkehrswerten. In allen Ausbaugraden liegt der Kostenanteil der Fernvermittlung unter dem der Ortsvermittlung.

Endgerät

Als Endgeräte werden sowohl Schwarz/Weiß-Geräte (BiF-5 MHz, BiF-1 MHz) als auch farbtüchtige Geräte (BiF-5 MHz) betrachtet. Dabei ist für die Kostenermittlung eine mit wachsender Stückzahl zunehmende Verbilligung des Endgerätes angenommen und berücksichtigt.

Die Tabellen 7.9a und 7.9c enthalten die vorstehend behandelten Kostenelemente der Lösung A für BiF-5 MHz bzw. BiF-1 MHz. Dabei ist außer der pro Breitband-Teilnehmer aufzuwendenden Summe auch die im entsprechenden Ausbaugrad vorzunehmende Gesamtinvesti-

tion ausgewiesen. Die Kostenanteile der Tabelle 7.9a sind für das farb-tüchtige BiF-5 MHz-System angegeben und unterscheiden sich von denen des BiF-5 MHz-Systems (Schwarz/Weiß, Tabelle 7.9b) nur in den Kostenanteilen für die Endgeräte und die Übertragungstechnik im Ortsnetz. Die Kostenanteile für BiF-1 MHz wurden nur für Schwarz/Weiß-Übertragung betrachtet. Der Vergleich der Tabellen 7.9b und 7.9c zeigt, daß die Übertragungsaufwendungen und damit die Gesamtkosten bei BiF-1 MHz erheblich unter denen des Systems mit BiF-5 MHz liegen.

Tabelle 7.9d zeigt eine Variante der Lösung A, die vor allem bei Ausbaugrad I zu geringeren Investitionen führt. Die größten Einsparungen ergeben sich bei den Investitionen für die Übertragung im Fernnetz.

7.3 Investitionen für Lösung B

Die Lösung B unterscheidet sich von der Lösung A nur in der Fernebene und nur oberhalb der KVSt. Bild 7.10 zeigt den Systemaufbau (am Beispiel des Ausbaugrades III) für die Digitalübertragung und Vermittlung. Die Tabellen 7.11 zeigen die entsprechenden Investitionen. Demnach sind

- 1) die Breitband-Übertragungs- und -Vermittlungstechnik im Ortsnetz,
- 2) die Übertragungstechnik auf der Breitband-Endvermittlungsleitung (BB-El),
- 3) die Breitband-Fernvermittlungstechnik am Orte der Knotenvermittlungsstelle

und deren Kosten für Lösung A und Lösung B gleich. Unterschiede ergeben sich in den Fernvermittlungsstellen und in der Fernübertragung.

Breitband-Fernübertragung

Oberhalb der Knotenvermittlungsstelle wird das Breitband-signal als Digitalsignal übertragen. Dabei wird es im A/D-Wandler in einen Bitstrom umgesetzt, mit weiteren Breitbandkanälen (vgl. auch Abschnitt 4.3.2) in einem Multiplexer (MUX) zu einem System¹⁾ zusammengesetzt und in dieser Form über die Fernleitung übertragen.

Die Anzahl der in den einzelnen Ausbaugraden somit erforderlichen PCM 7680-Systeme auf den Fernleitungsabschnitten ist aus den im Bild 7.4 eingetragenen Kanalzahlen ermittelbar, wobei in einem PCM 7680-System 8 Kanäle für BiF-5 MHz bzw. 64 Kanäle für BiF-1 MHz untergebracht werden können.

¹⁾ PCM 7680 (\cong 565 Mbit/s)-System

Ausbaugrad		0,1 % BB-Tln		1 % BB-Tln		10 % BB-Tln		
		I		II		III		
Investitionsanteile je BB-Tln		TDM	%	TDM	%	TDM	%	
Übertragung	Fernnetz	Farbe	65,1	58	18,4	30	7,0	20
	Ortsnetz		20,8	18	22,7	37	13,5	38
Vermittlung	Fernnetz		1,25	1	0,95	2	0,9	3
	Ortsnetz		3,35	3	2,45	4	1,2	3
Endgerät			22,5	20	17,5	27	12,5	36

Investition je Breitband-Teilnehmer	F	113	100	62	100	35,1	100
	S/W	93,8	-	43,1	-	20,9	-

Gesamtinvestition	F	1,7 Mrd DM		9,3 Mrd DM		52,7 Mrd DM	
	S/W	1,4 Mrd DM		6,5 Mrd DM		31,4 Mrd DM	

BB-Tln = Breitband-Teilnehmer
F = Farbwiedergabe
S/W = Schwarz/Weiß-Wiedergabe

Tabelle 7.9 a Lösung A: Investitionen für BiF-5 MHz, Farbe (Gesamtsummen auch für Schwarz/Weiß)

Ausbaugrad		0,1 % BB-Tln		1 % BB-Tln		10 % BB-Tln		
		I		II		III		
Investitionsanteile je BB-Tln		TDM	%	TDM	%	TDM	%	
Übertragung	Fernnetz	Schwarz/Weiß	65,1	69	18,4	43	7,0	34
	Ortsnetz		19,6	21	17,8	41	9,3	44
Vermittlung	Fernnetz		1,25	1	0,95	2	0,9	4
	Ortsnetz		3,35	4	2,45	6	1,2	6
Endgerät			4,5	5	3,5	8	2,5	12

Investition je BB-Tln	S/W	93,8	100	43,1	100	20,9	100
-----------------------	-----	------	-----	------	-----	------	-----

Gesamtinvestition	S/W	1,4 Mrd DM		6,5 Mrd DM		31,4 Mrd DM	
-------------------	-----	------------	--	------------	--	-------------	--

BB-Tln = Breitband-Teilnehmer
S/W = Schwarz/Weiß-Wiedergabe

Tabelle 7.9 b Lösung A: Investitionen für BiF-5 MHz, Schwarz/Weiß

Ausbaugrad		0,1 % BB-Tln		1 % BB-Tln		10 % BB-Tln		
		I		II		III		
Investitionsanteile je BB-Tln		TDM	%	TDM	%	TDM	%	
Übertragung	Fernnetz	Schwarz/Weiß	13,2	43	4,4	24	2,6	24
	Ortsnetz		8,5	27	7,0	38	3,8	34
Vermittlung	Fernnetz		1,25	4	0,95	5	0,9	8
	Ortsnetz		3,35	11	2,45	14	1,2	11
Endgerät			4,5	15	3,5	19	2,5	23
Investition je BB-Tln			S/W	30,8	100	18,3	100	11
Gesamtinvestition		S/W	0,46 Mrd DM		2,7 Mrd DM		16,5 Mrd DM	

BB-Tln = Breitband-Teilnehmer
S/W = Schwarz/Weiß-Wiedergabe

Tabelle 7.9 c Lösung A: Investitionen für BiF-1 MHz, Schwarz/Weiß

Ausbaugrad		0,1 % BB-Tln		1 % BB-Tln		10 % BB-Tln		
		I		II		III		
Investitionsanteile je BB-Tln		TDM	%	TDM	%	TDM	%	
Übertragung	Fernnetz	Schwarz/Weiß	13,2	43	4,4	14	2,6	15
	Ortsnetz		8,5	27	19,0	63	9,9	58
Vermittlung	Fernnetz		1,25	4	0,95	3	0,9	5
	Ortsnetz		3,35	11	2,45	8	1,2	7
Endgerät			4,5	15	3,5	12	2,5	15
Investition je BB-Tln			S/W	30,8	100	30,3	100	17,1
Gesamtinvestition		S/W	0,46 Mrd DM		4,5 Mrd DM		25,7 Mrd DM	

BB-Tln = Breitband-Teilnehmer
S/W = Schwarz/Weiß-Wiedergabe

Bemerkung: Die Bildkonverter befinden sich beim Ausbaugrad I am Ausgang der Nebenstellenanlagen und beim Ausbaugrad II und III am Ausgang der Ortsvermittlungsstellen. Sie gehen daher nur beim Ausbaugrad II und III in die Kosten ein.

Tabelle 7.9 d Lösung A: Investitionen für BiF-5 MHz, Schwarz/Weiß, mit 1 MHz-Übertragung im Fernnetz

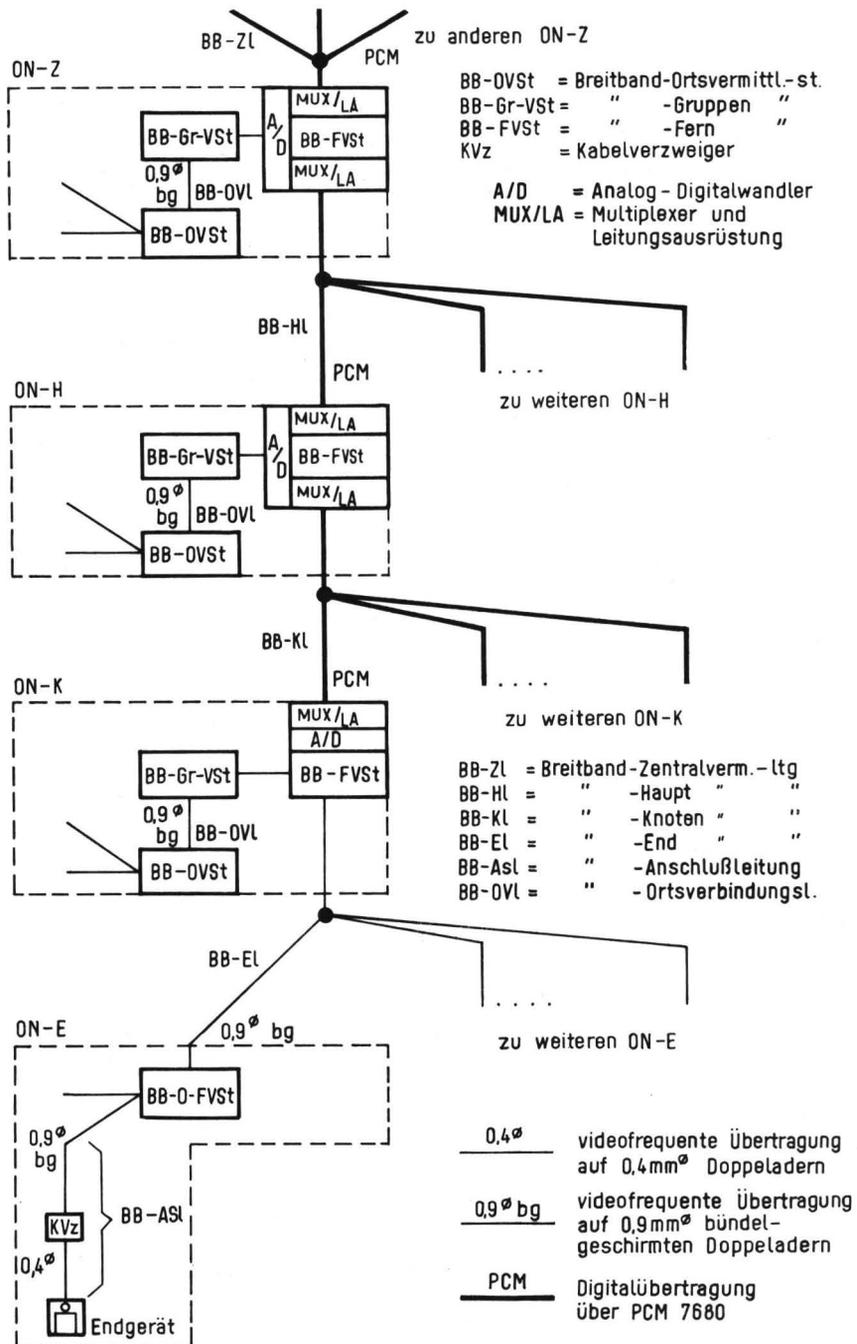


Bild 7.10 Systemaufbau Lösung B am Beispiel des Ausbaugrades III

Ausbaugrad		0,1 % BB-Tln		1 % BB-Tln		10 % BB-Tln		
		I		II		III		
Investitionsanteile je BB-Tln		TDM	%	TDM	%	TDM	%	
Übertragung	Fernnetz	Farbe	49,0	51	13,9	24	5,3	16
	Ortsnetz		20,8	22	22,7	40	13,5	40
Vermittlung	Fernnetz		1,25	1	0,95	2	0,9	3
	Ortsnetz		3,35	3	2,45	4	1,2	4
Endgerät		22,5	23	17,5	30	12,5	37	
Investition je Breitband-Teilnehmer		F	97,0	100	57,5	100	33,4	100
		S/W	77,7	-	38,7	-	19,2	-
Gesamtinvestition		F	1,5 Mrd DM		8,6 Mrd DM		50,1 Mrd DM	
		S/W	1,17 Mrd DM		5,8 Mrd DM		28,8 Mrd DM	

F = Farbwiedergabe
S/W = Schwarz/Weiß-Wiedergabe
BB-Tln = Breitband-Teilnehmer

Tabelle 7.11 a Lösung B: Investitionen für BiF-5 MHz, Farbe,
(Gesamtsummen auch für Schwarz/Weiß)

Ausbaugrad		0,1 % BB-Tln		1 % BB-Tln		10 % BB-Tln		
		I		II		III		
Investitionsanteile je BB-Tln		TDM	%	TDM	%	TDM	%	
Übertragung	Fernnetz	Schwarz/Weiß	49,0	63	13,9	36	5,3	28
	Ortsnetz		19,6	25	17,8	46	9,3	48
Vermittlung	Fernnetz		1,25	2	0,95	3	0,9	5
	Ortsnetz		3,35	4	2,45	6	1,2	6
Endgerät		4,5	6	3,5	9	2,5	13	
Investition je BB-Tln		S/W	77,7	100	38,6	100	19,2	100
Gesamtinvestition		S/W	1,17 Mrd DM		5,8 Mrd DM		28,8 Mrd DM	

S/W = Schwarz/Weiß-Wiedergabe
BB-Tln = Breitband-Teilnehmer

Tabelle 7.11 b Lösung B: Investitionen für BiF-5 MHz, Schwarz/Weiß

Ausbaugrad		0,1 % BB-Tln		1 % BB-Tln		10 % BB-Tln		
		I		II		III		
Investitionsanteile je BB-Tln		TDM	%	TDM	%	TDM	%	
Übertragung	Fernnetz	Schwarz/Weiß	8,0	31	2,8	17	2,1	20
	Ortsnetz		8,5	33	7,0	42	3,8	36
Vermittlung	Fernnetz		1,25	5	0,95	5	0,9	9
	Ortsnetz		3,35	13	2,45	15	1,2	11
Endgerät			4,5	18	3,5	21	2,5	24
Investition je BB-Tln			S/W	25,6	100	16,7	100	10,5
Gesamtinvestition		S/W	0,38 Mrd DM		2,5 Mrd DM		15,8 Mrd DM	

S/W = Schwarz/Weiß-Wiedergabe
BB-Tln = Breitband-Teilnehmer

Tabelle 7.11 c Lösung B: Investitionen für BiF-1 MHz, Schwarz/Weiß

Breitband-Fernvermittlung

Die Breitband-Fernvermittlungsstelle für digitale Signale unterscheidet sich von der für analoge Signale nur in der Art der Durchschaltung, die selbst nur einen Teil des Gesamtaufwandes für die Breitband-Fernvermittlungsstelle ausmacht. Für die Kostenabschätzung wurde deshalb und wegen des ohnehin geringen Anteils der Vermittlungstechnik an den Gesamtkosten hier der gleiche Kostenanteil für die Breitband-Fernvermittlung angenommen wie bei Lösung A.

7.4 Investitionen für Lösung C

Wie bei Lösung A und B wird in der Lösung C (Bild 7.12) das Breitbandsignal in der Ortsnetzebene in videofrequenter Form übertragen und vermittlungstechnisch durchgeschaltet. In der gesamten Fernebene (also auch auf der El) erfolgt die Übertragung als Digitalsignal über Glasfaserkabel mit 1,2 Gbit/s. Demzufolge werden die Investitionsanteile für die Ortsnetze von Lösung B übernommen.

Für die Übertragung im Fernnetz wird der Investitionsanteil der Lösung D zugrunde gelegt und um den Betrag für die an der Übergangsstelle in das Fernnetz erforderlichen A/D-Wandler erhöht.

Die Tabelle 7.13 weist diese Investitionsanteile aus. Dabei ist wegen der nicht möglichen Einsparung von Kabeln in der Fernebene (es ist pro Richtung stets wenigstens eine Glasfaser zu verlegen) keine Verbilligung beim System BiF-1 MHz gegenüber A und B zu erreichen.

7.5 Investitionen für Lösung D

Bild 7.14 zeigt den Systemaufbau für die Ausbaugrade I bis III und die bei der Ermittlung des Investitionsaufwandes berücksichtigten

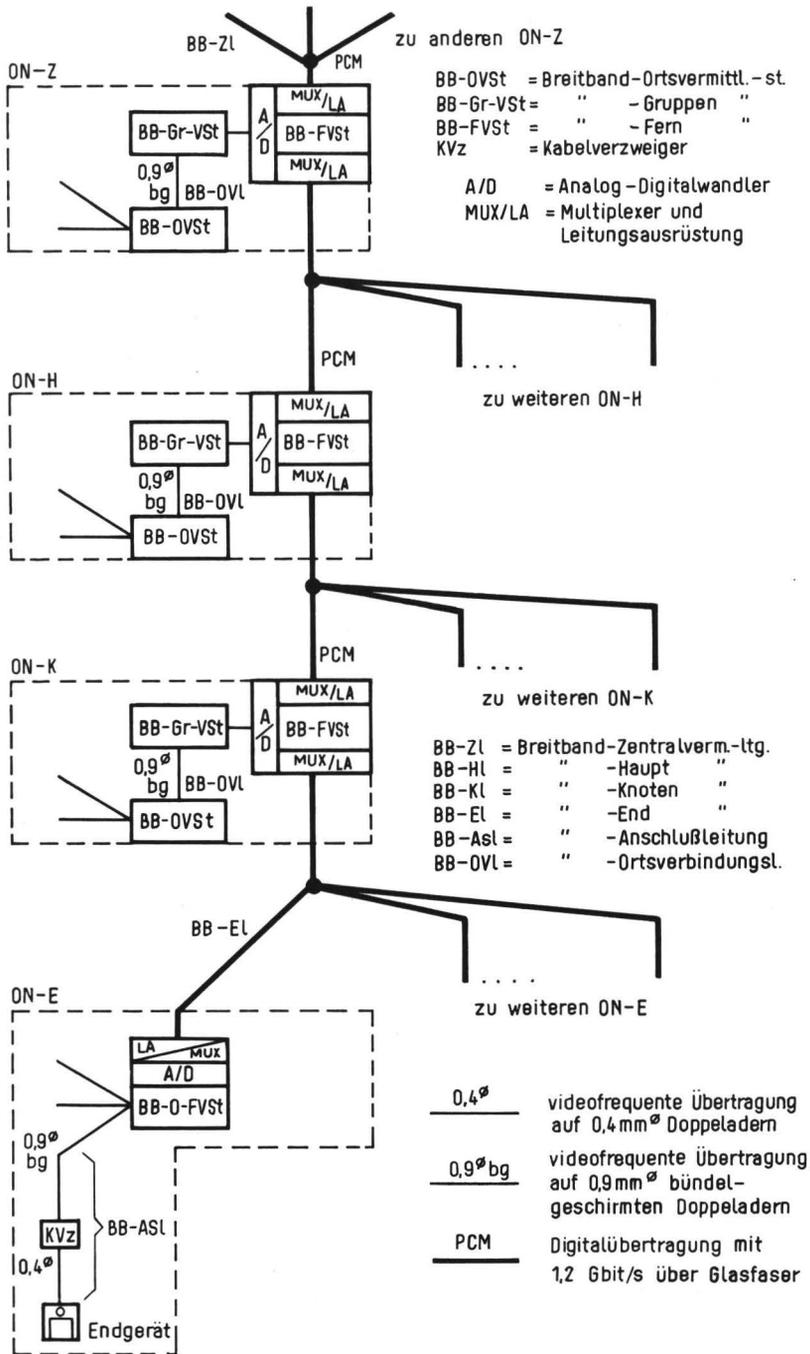


Bild 7.12 Systemaufbau Lösung C am Beispiel des Ausbaugrades III

Ausbaugrad		0,1 % BB-Tln		1 % BB-Tln		10 % BB-Tln		
		I		II		III		
Investitionsanteile je BB-Tln		TDM	%	TDM	%	TDM	%	
Übertragung	Fernnetz	Farbe	39,8	45	6,9	14	1,6	5
	Ortsnetz		20,8	24	22,7	44	13,5	46
Vermittlung	Fernnetz		1,25	1	0,95	2	0,9	3
	Ortsnetz		3,35	4	2,45	5	1,2	4
Endgerät			22,5	26	17,5	35	12,5	42
Investition je Breitband-Teilnehmer			F	87,7	100	50,5	100	29,7
		S/W	68,5	-	31,6	-	15,5	-
Gesamtinvestition		F	1,3 Mrd DM		7,6 Mrd DM		44,5 Mrd DM	
		S/W	1,0 Mrd DM		4,7 Mrd DM		23,2 Mrd DM	

F = Farbwiedergabe
S/W = Schwarz/Weiß-Wiedergabe
BB-Tln = Breitband-Teilnehmer

Tabelle 7.13 a Lösung C: Investitionen für BiF-5 MHz, Farbe,
(Gesamtinvestitionen auch für Schwarz/Weiß)

Ausbaugrad		0,1 % BB-Tln		1 % BB-Tln		10 % BB-Tln		
		I		II		III		
Investitionsanteile je BB-Tln		TDM	%	TDM	%	TDM	%	
Übertragung	Fernnetz	Schwarz/Weiß	39,8	58	6,9	22	1,6	10
	Ortsnetz		19,6	29	17,8	56	9,3	60
Vermittlung	Fernnetz		1,25	2	0,95	3	0,9	6
	Ortsnetz		3,35	5	2,45	8	1,2	8
Endgerät			4,5	6	3,5	11	2,5	16
Investition je BB-Tln			S/W	68,5	100	31,6	100	15,5
Gesamtinvestition		S/W	1,0 Mrd DM		4,7 Mrd DM		23,2 Mrd DM	

S/W = Schwarz/Weiß-Wiedergabe
BB-Tln = Breitband-Teilnehmer

Tabelle 7.13 b Lösung C: Investitionen für BiF-5 MHz, Schwarz/Weiß

Ausbaugrad		0,1 % BB-Tln		1 % BB-Tln		10 % BB-Tln		
		I		II		III		
Investitionsanteile je BB-Tln		TDM	%	TDM	%	TDM	%	
Übertragung	Fernnetz	Schwarz/Weiß	39,8	69	6,9	33	1,6	16
	Ortsnetz		8,5	15	7,0	34	3,8	38
Vermittlung	Fernnetz		1,25	2	0,95	4	0,9	9
	Ortsnetz		3,35	6	2,45	12	1,2	12
Endgerät			4,5	8	3,5	17	2,5	25
Investition je BB-Tln			S/W	57,4	100	20,8	100	10
Gesamtinvestition		S/W	0,86 Mrd DM		3,1 Mrd DM		15 Mrd DM	

S/W = Schwarz/Weiß-Wiedergabe
BB-Tln = Breitband-Teilnehmer

Tabelle 7.13 c Lösung C: Investitionen für BiF-1 MHz, Schwarz/Weiß

Systemanteile. Lösung D verwendet im Fernnetz digitale Übertragung und zentrale Raummultiplexvermittlungen und entspricht damit der Lösung C, abgesehen von den dort zusätzlich notwendigen A/D-Wandlern an der Übergangsstelle in das Fernnetz. Im Ortsnetzbereich wird im Gegensatz zu den Lösungen A bis C dezentral vermittelt. Die Übertragung der Signale sowohl im Fern- als auch im Ortsnetz erfolgt digital über Glasfaserkabel mit einer Bitrate von ca. 1,2 Gbit/s. Die Investitionen sind aus Tabelle 7.15 ersichtlich.

Breitband-Fernübertragung

Oberhalb der Ortsnetzebene wird das Breitbandssignal im Zeitmultiplex-Verfahren auf optischem Wege mittels Glasfaserkabel übertragen (vgl. Bild 5.19). Bei Berücksichtigung einer Übertragungsrate von ca. 1,2 Gbit/s können pro Faser 20 BiF-5 MHz-Kanäle bzw. 150 BiF-1 MHz-Kanäle übertragen werden (vgl. Abschnitt 5.6.1.2). Dabei werden Kanäle von 64 Mbit/s zugrunde gelegt.

Zum Ausgleich der angenommenen Dämpfung von 5 dB/km werden die Glasfasern mit Regenerativverstärkern im Abstand von 7 km versehen. Die in den einzelnen Hierarchie-Ebenen auftretenden Glasfaserzahlen (Bündelstärken) können Bild 7.14 entnommen werden.

Breitband-Fernvermittlung

Bei der Breitband-Fernvermittlungsstelle für digitale Signale wird wie in den anderen Lösungen davon ausgegangen, daß die Breitband-Vermittlung ein Zusatz zu bereits bestehenden Vermittlungseinrichtungen ist.

Da sich die Struktur der Vermittlungen und der nötige technische Aufwand zur Raummultiplex-Durchschaltung der Bitströme in den Lösungen B, C und D nur geringfügig unterscheiden, werden gleiche Kostenanteile angenommen.

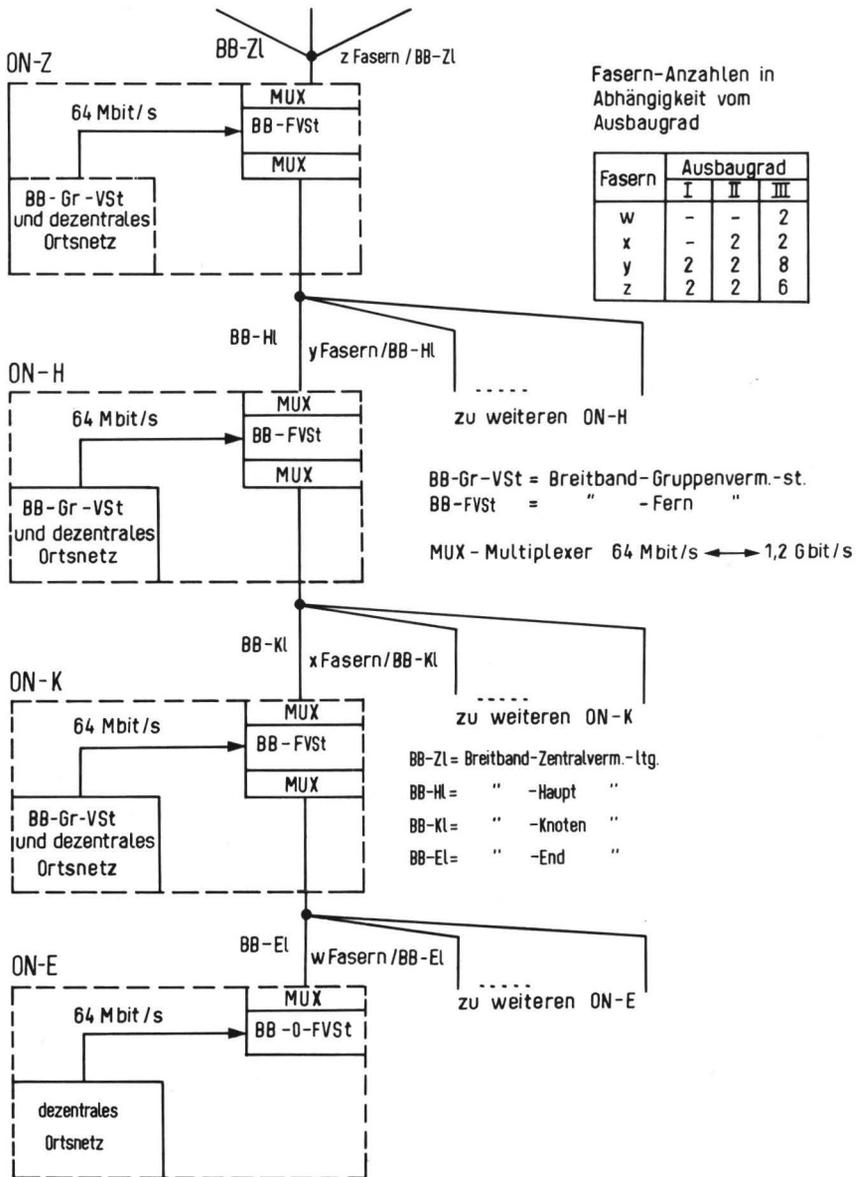


Bild 7.14 Systemaufbau Lösung D

Ausbaugrad		0,1 % BB-Tln		1 % BB-Tln		10 % BB-Tln		
		I		II		III		
Investitionsanteile je BB-Tln		TDM	%	TDM	%	TDM	%	
Übertragung	Fernnetz	Farbe	39,8	47	6,9	14	1,6	5
	Ortsnetz		11,5	14	17,8	35	9,6	30
Vermittlung	Fernnetz		1,3	2	0,9	2	0,9	3
	Ortsnetz		1,4	2	1,3	2	1,5	5
Endgerät			30,6	36	24,6	48	18,6	58

Investition je Breitband-Teilnehmer	F	84,6	100	51,5	100	32,2	100
	S/W	66,6	-	37,5	-	22,2	-

Gesamtinvestition	F	1,27 Mrd DM		7,7 Mrd DM		48,3 Mrd DM	
	S/W	1 Mrd DM		5,6 Mrd DM		33,3 Mrd DM	

F = Farbwiedergabe
S/W = Schwarz/Weiß-Wiedergabe

Tabelle 7.15 a Lösung D: Investitionen für BiF-5 MHz, Farbe,
(Gesamtsummen auch für Schwarz/Weiß)

Ausbaugrad		0,1 % BB-Tln		1 % BB-Tln		10 % BB-Tln		
		I		II		III		
Investitionsanteile je BB-Tln		TDM	%	TDM	%	TDM	%	
Übertragung	Fernnetz	Schwarz/Weiß	39,8	60	6,9	19	1,6	7
	Ortsnetz		11,5	17	17,8	48	9,6	43
Vermittlung	Fernnetz		1,3	2	0,9	2	0,9	4
	Ortsnetz		1,4	2	1,3	3	1,5	7
Endgerät			12,6	19	10,6	28	8,6	39

Investition je BB-Tln	S/W	66,6	100	37,5	100	22,2	100
-----------------------	-----	------	-----	------	-----	------	-----

Gesamtinvestition	S/W	1 Mrd DM		5,6 Mrd DM		33,3 Mrd DM	
-------------------	-----	----------	--	------------	--	-------------	--

S/W = Schwarz/Weiß-Wiedergabe

Tabelle 7.15 b Lösung D: Investitionen für BiF-5 MHz, Schwarz/Weiß

Breitband-Ortsübertragung

Die Breitband-Ortsübertragung ist zu unterteilen in den Bereich der Vorfeldeinrichtungen (VfE) und den Teilnehmerbereich.

Im VfE-Bereich erfolgt die Verbindung von maximal 25 Vorfeldeinrichtungen durch ein 8-Faser-Bündel (vgl. Bild 5.19). Im Teilnehmerbereich werden bis zu 10 BiF-5 MHz-Teilnehmer an eine VfE mittels eines 2-Faser-Bündels angeschlossen (vgl. Bild 5.19).

In beiden Fällen ist die Struktur der Übertragungswege ein Verzweigungsnetz.

Breitband-Ortsvermittlung

Die Vermittlung in der Ortsebene erfolgt dezentral, d. h., die in den Lösungen A bis C eingesetzten Ortsvermittlungsstellen können im allgemeinen entfallen. Lediglich im Fall III im ON-Typ ON-Z werden Ortsvermittlungsstellen eingesetzt. Die Übertragung von Nachrichten aus dem 2-Faser- in das 8-Faser-System und umgekehrt erfolgt mittels Vorfeldeinrichtungen (vgl. Abschnitt 6.5.2). Sie haben keinen konzentrierenden Charakter im Sinne einer Vermittlung.

Das im 8-Faser-System entstehende Verkehrsangebot zu höheren Hierarchie-Ebenen wird über eine EVSt pro ON-Typ dorthin vermittelt. Die Struktur dieser Vermittlung entspricht der in den Fernebenen.

Teilnehmer-Endgeräte

Das Teilnehmer-Endgerät enthält neben dem Bildfernsprecher die Teilnehmerschaltung (vgl. Bild 6.18), die Einrichtungen für die optisch/elektrische bzw. elektrisch/optische Wandlung der Nachrichten sowie für den Gesprächsaufbau und -abbau.

Daneben ist die Teilnehmer-Schaltung mit einem A/D- und D/A-Wandler einschließlich Fernsprechapparat auf die Übertragung akustischer Signale erweitert worden.

Für die weitere Betrachtung wird angenommen, daß das Bildgerät mit einem A/D- und D/A-Wandler für den Betrieb von BiF-5 MHz (Farbe) ausgerüstet ist.

7.6 Vergleich der Investitionsaufwendungen

In den Bildern 7.16 bis 7.23 ist das in den Tabellen 7.9, 7.11, 7.13 und 7.15 aufgelistete Zahlenmaterial zur besseren Übersicht graphisch dargestellt. Dabei sind jeweils Diagramme für Farb-Bildfernprechersignale und für Schwarz/Weiß-Signale gezeichnet. Die hohen Kosten für Bildfernsprechen mit Farbe (Bild 7.16) resultieren vor allem aus den wesentlich höheren Kosten für das Endgerät. Dazu kommen bei den Lösungen A bis C erhöhte Aufwendungen für die Kabel im Anschlußleitungsnetz (siehe Abschnitt 7.2). Selbstverständlich können an ein farbtüchtiges Bildfernprechernetz auch Schwarz/Weiß-Geräte der

5 MHz-Norm angeschlossen werden. Die Investitionen pro Teilnehmer würden sich durch das wesentlich preisgünstigere Endgerät dabei um folgende Beträge gegenüber der Farbübertragung ermäßigen:

Ausbaugrad	I	II	III
TDM	18	14	10

Aus Bild 7.16 und den zugehörigen Tabellen erkennt man, daß die optische Nachrichtenübertragung auf Glasfaserkabeln im Fernnetz (Lösungen C und D) wegen der hohen Bitrate von 1,2 Gbit/s Einsparungen erwarten läßt, obwohl im Gegensatz zu den Lösungen A und B die Kabel (Glasfaser) im gesamten Fernnetz völlig neu verlegt werden müssen. Die dafür angesetzten Kosten sind beim heutigen Stand des Wissens natürlich nicht viel mehr als Schätzwerte. Trotzdem scheint diese Technik außerordentlich interessant zu sein. Bei großen Teilnehmerzahlen ist der auf den Teilnehmer bezogene Anteil der Investitionsaufwendungen für die Fernübertragung relativ gering. Daher unterscheiden sich beim Ausbaugrad III die für die einzelnen Lösungen ausgewiesenen Beträge nur noch wenig.

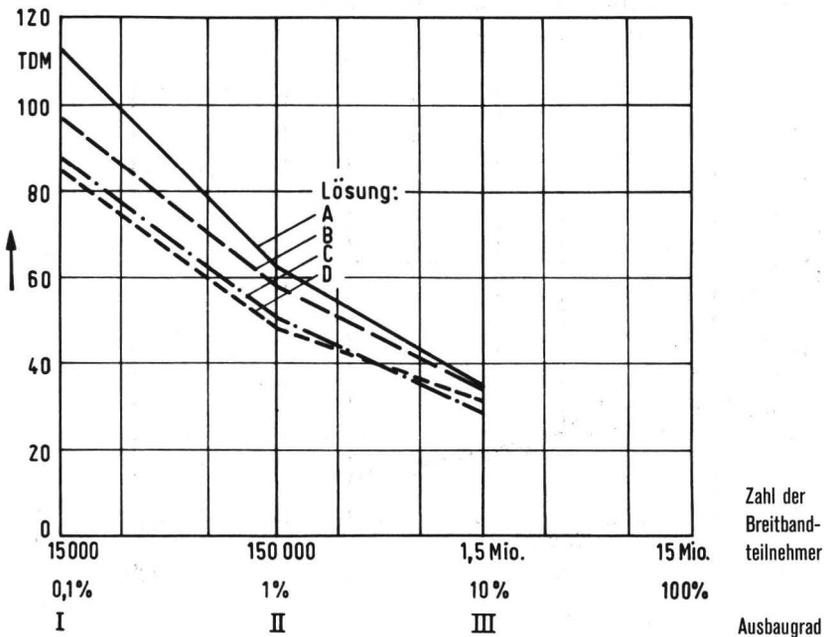


Bild 7.16 Investitionen je Breitband-Teilnehmer (5 MHz, Farbe)

Die Bilder 7.17 und 7.18 zeigen den auf den Teilnehmer bezogenen Investitionsaufwand für Schwarz/Weiß-Bildfernsehen nach der 5 MHz- bzw. 1 MHz-Norm. Die für den 1 MHz-Fall (Bild 7.18) bei Lösung C und Ausbaugrad I relativ hohen Investitionen resultieren

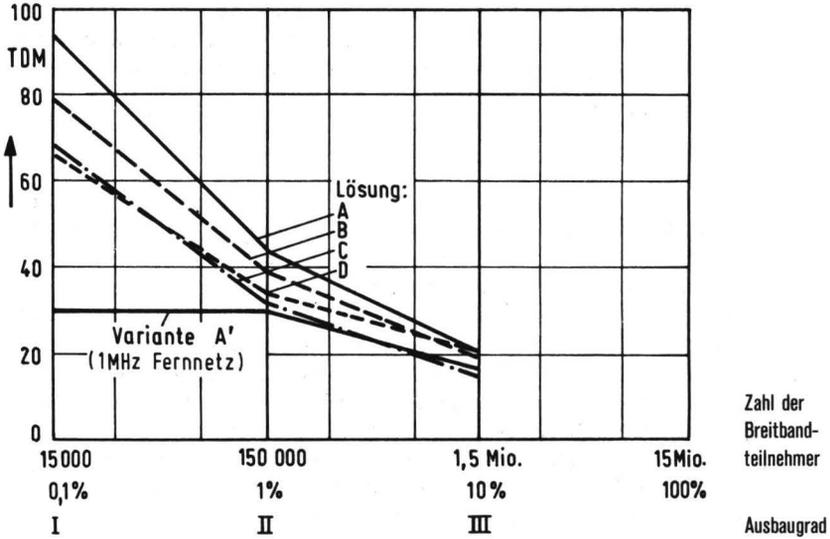


Bild 7.17 Investitionen je Breitband-Teilnehmer (5 MHz, Schwarz/Weiß)

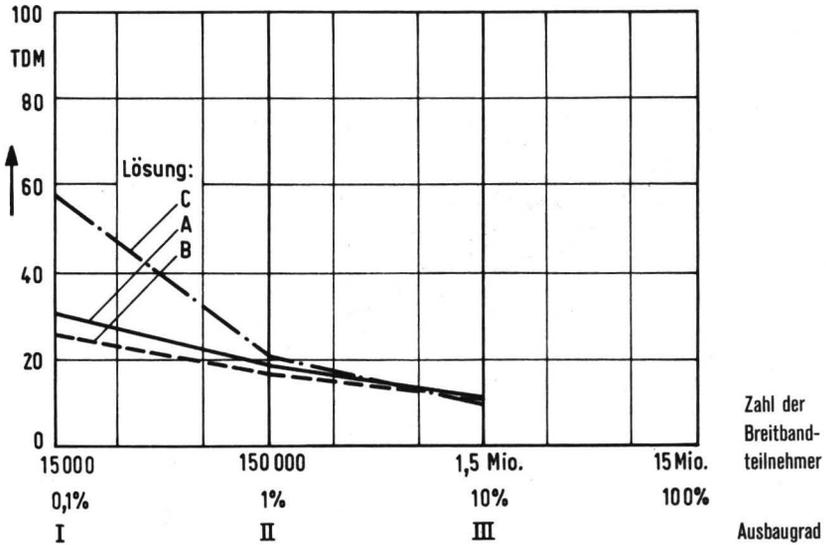
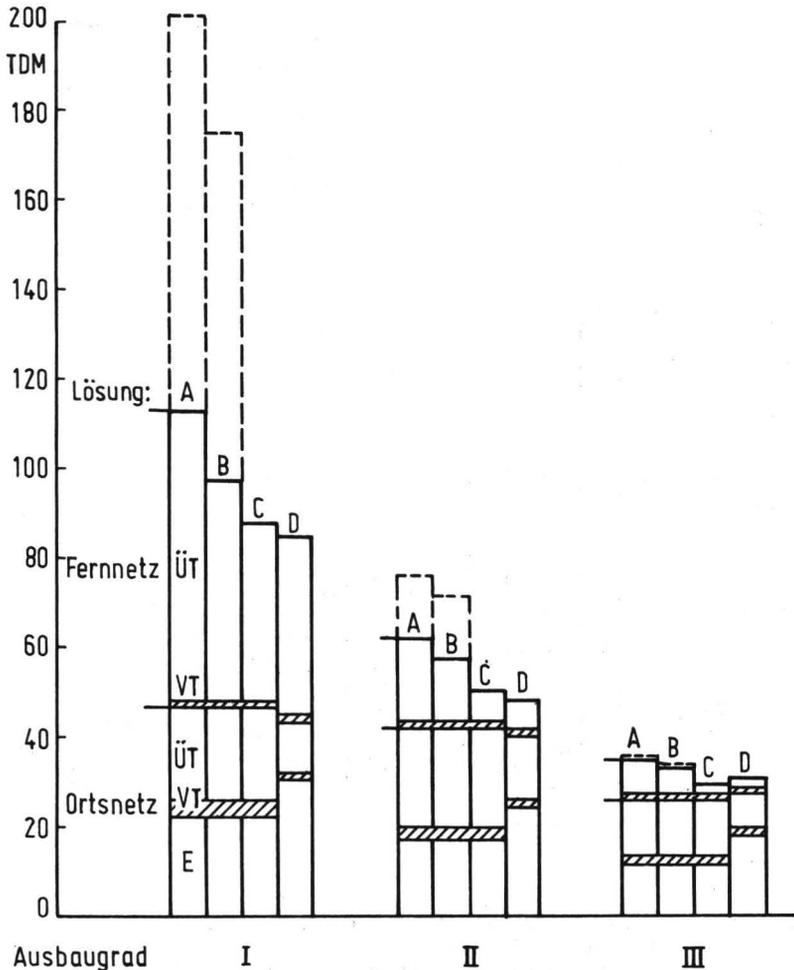


Bild 7.18 Investitionen je Breitband-Teilnehmer (1 MHz, Schwarz/Weiß)

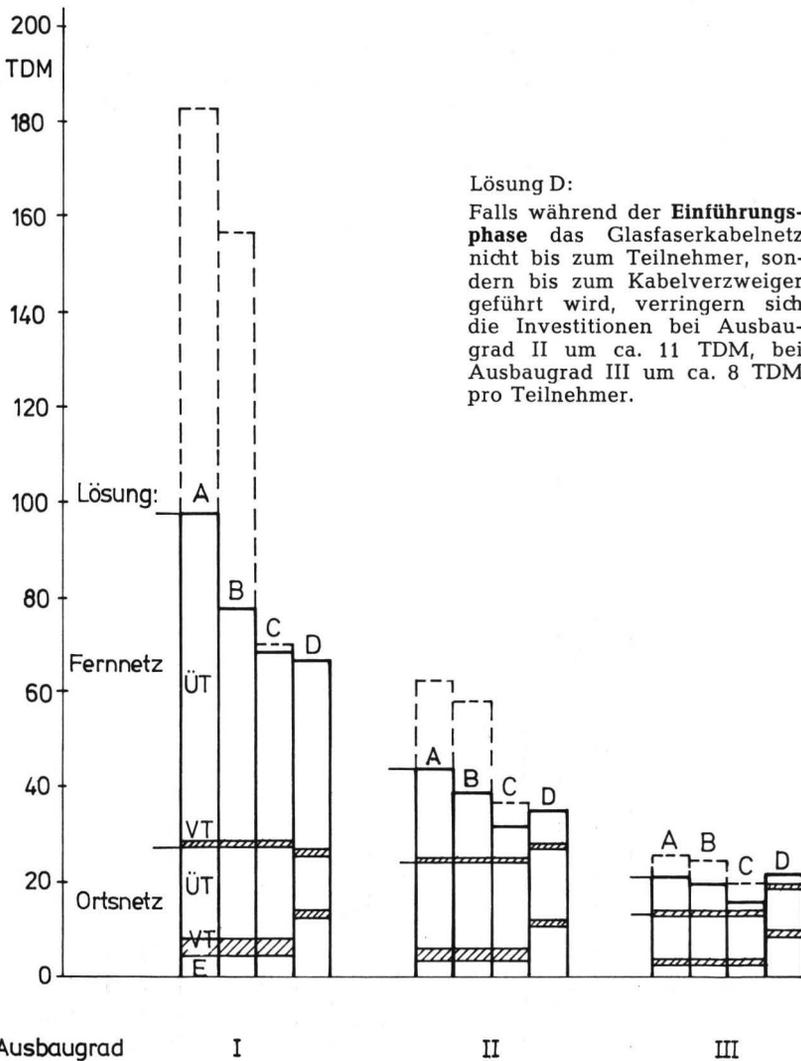
aus der Tatsache, daß die Aufwendungen für das Verlegen des Glasfaser-Fernkabels auf insgesamt nur 15 000 Teilnehmer entfallen. Ein 1 MHz-Breitbandnetz nach Lösung D erscheint wenig sinnvoll und wurde daher weggelassen.

Bild 7.19 zeigt die einzelnen Investitionsanteile für die Lösungen A bis D, gruppiert in die Aufwendungen im Ortsnetz und im Fernnetz. Man erkennt, daß die Aufteilung der im Ortsnetz nötigen Investitionen auf Endgerät (E), Vermittlung (VT) und Übertragung (ÜT) innerhalb eines Ausbaugrads bei den Lösungen A bis C gleich ist. Demgegenüber ist bei Lösung D der auf das Endgerät entfallende Anteil größer, derjenige für die Übertragung entsprechend geringer. Die Summe der im Ortsnetz nötigen Investitionen ist jedoch für ein farbträchtiges Bildfernsehnetz bei allen Lösungen praktisch gleich groß. Die bei Lösung D verwendete dezentrale Vermittlung ist zwar an die Mög-



Gestrichelt: Zusatzinvestitionen, falls bei Lösung A und B Kabel im Fernnetz neu verlegt werden müssen, die ausschließlich für Breitbandsignale genutzt werden.

Bild 7.19 Investitionsanteile je Breitband-Teilnehmer (5MHz, Farbe)

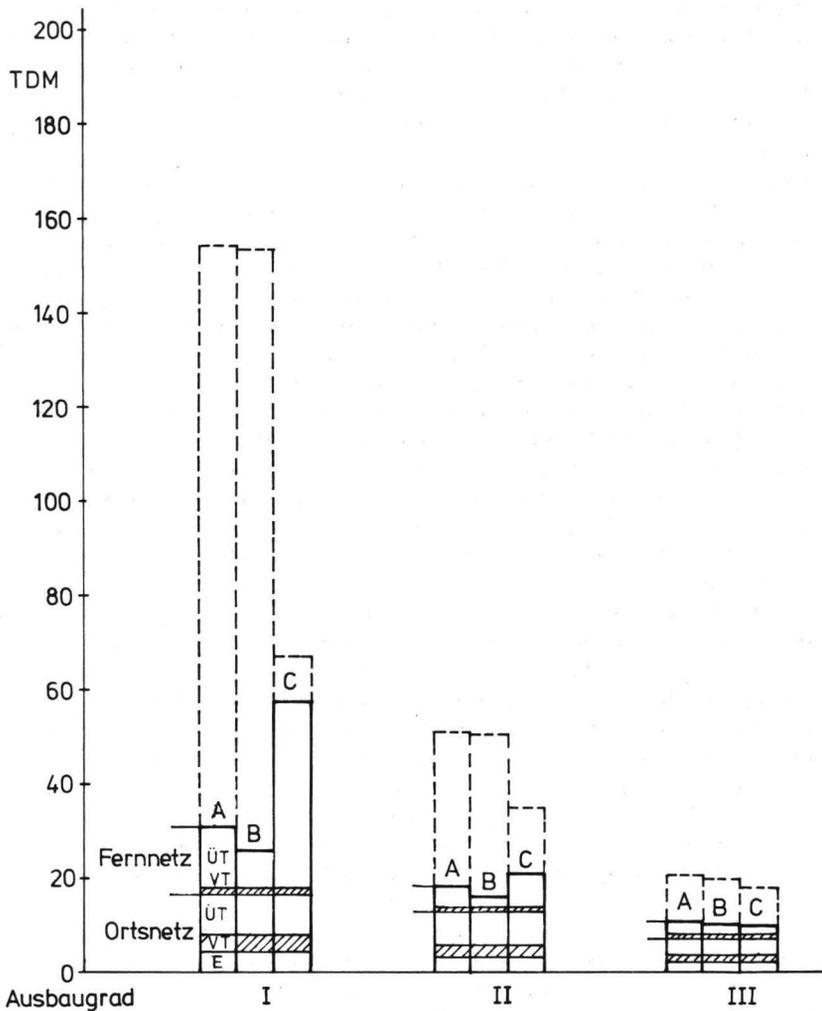


Lösung D:
 Falls während der **Einführungsphase** das Glasfaserkabelnetz nicht bis zum Teilnehmer, sondern bis zum Kabelverzweiger geführt wird, verringern sich die Investitionen bei Ausbaugrad II um ca. 11 TDM, bei Ausbaugrad III um ca. 8 TDM pro Teilnehmer.

Gestrichelt: Zusatzinvestitionen, falls bei den Lösungen A und B Kabel im Fernnetz und bei den Lösungen A–C Kabel im Anschlußleistungsnetz zwischen Teilnehmer und Kabelverzweiger neu verlegt werden müssen, die ausschließlich für Breitbandsignale genutzt werden.

Bild 7.20 Investitionsanteile je Breitband-Teilnehmer (5 MHz, Schwarz/Weiß)

lichkeiten der breitbandigen, digitalen Übertragung bis zum Teilnehmer gut angepaßt; sie benötigt jedoch, verglichen mit dem bei den Lösungen A bis C verwendeten Prinzip der zentralen Vermittlung — unter den hier getroffenen Annahmen — einen etwa gleich großen Investitionsaufwand. Die ausgezogenen Säulen in den Bildern 7.20 und 7.21 geben die entsprechende Gliederung für Schwarz/Weiß-Bildfernsehen nach der 5 MHz- bzw. 1 MHz-Norm.



Gestrichelt: Zusatzinvestitionen, falls bei den Lösungen A und B Kabel im Fernnetz und bei den Lösungen A–C Kabel im Anschlußleitungsnetz vom Teilnehmer bis zur OVSt neu verlegt werden müssen, die ausschließlich für Breitbandsignale genutzt werden.

Bild 7.21 Investitionsanteile je Breitband-Teilnehmer (1 MHz, Schwarz/Weiß)

Bei der Betrachtung des Investitionsaufwandes ist zu beachten, daß bei Lösung C im Fernnetz und bei Lösung D sowohl im Fernnetz als auch im Ortsnetz neue Kabel (Glasfaser) verlegt werden müssen. Wie Tabelle 7.7 zeigt, können bei den Lösungen A bis C die im Fernsprech-Ortsnetz bereits verlegten Teilnehmeranschlußkabel für den Fall der Schwarz/Weiß-Übertragung teilweise (5MHz) oder ganz (1 MHz) mitverwendet werden. Ihre Kosten gehen daher in die Berechnung des Investitionsaufwandes nur anteilig ein. Ganz entsprechend wurde bei den Lösungen A und B vorausgesetzt, daß die Übertragung im Fernnetz auf Koaxialkabeln erfolgen kann, die neben den Breitbandsignalen auch noch Fernsprech- und Datensignale übertragen, so daß nur anteilige Investitionsaufwendungen berücksichtigt werden mußten.

Geht man bei der Abschätzung des Investitionsaufwandes jedoch davon aus, daß eine Mitverwendung der bereits liegenden Kabel nicht möglich ist und daher sowohl im Fernnetz bei den Lösungen A und B als auch im Anschlußleitungsnetz bei den Lösungen A bis C (5MHz- und 1 MHz-Schwarz/Weiß) neue Kupferkabel verlegt werden müssen, die ausschließlich für Bildfernsprechen genutzt werden, so ergeben sich die in den Bildern 7.19 bis 7.21 gestrichelt gekennzeichneten Zusatzinvestitionen. Insbesondere beim Ausbaugrad I werden diese Zusatzinvestitionen nur selten notwendig sein, da eine gemeinsame Nutzung der Kabel meistens möglich sein wird.

Umgekehrt erniedrigen sich die bei den Lösungen C und D ausgewiesenen Beträge, wenn das neu zu verlegende Glasfaserkabelnetz nicht nur für Bildfernsprechen, sondern im Zuge der Einführung der Digitaltechnik auch noch für weitere Telekommunikationsformen genutzt wird.

Die bei Lösung D mit wachsender Teilnehmerzahl geringere Abnahme der teilnehmerbezogenen Investitionen liegt in den relativ hohen Kosten für das Endgerät, das die Teilnehmerschaltung mit der elektrisch/optischen Wandlung und die A/D-Wandler umfaßt.

Die Investitionsaufwendungen für Lösung D verringern sich, wenn man das Glasfaserübertragungssystem im Ortsnetz nur bis zum Kabelverzweiger (KVz) führt und von dort aus die Teilnehmer über bereits verlegte Kupferkabel anschließt. Dann wird die Digitalisierung von Bild und Sprache nicht mehr beim Teilnehmer, sondern in der im Kabelverzweiger angeordneten Vorfeldeinrichtung vorgenommen. Dabei brauchen die opto-elektronischen Aus- und Einkoppeleinrichtungen aus Ersparnisgründen nur einmal pro Kabelverzweiger vorgesehen werden. Von dieser Möglichkeit kann in der Einführungsphase einer dezentralen Vermittlung Gebrauch gemacht werden. Die erwarteten Investitionersparnisse für 5 MHz-Schwarz/Weiß-Bildfernsprechen in Höhe von ca. 11 TDM pro Teilnehmer bei Ausbaugrad II bzw 8 TDM pro Teilnehmer bei Ausbaugrad III können jedoch durch zusätzlich nötige Anpassungskosten möglicherweise nicht voll realisiert werden. Auch steht in diesem Fall der Breitbandpfad mit 1,2 Gbit/s mit der Möglichkeit der Dienstintegration bis zum Teilnehmer nicht zur Verfügung.

Vor einer endgültigen Netzplanung müßte auch noch geprüft werden, in welchem Umfang die optische Übertragung in einem zentral vermittelten Ortsnetz oder zumindest in Teilen davon mit Vorteil eingesetzt werden kann.

Wie bereits erwähnt, bestehen Vorschläge, bei Lösung A die 5MHz-Norm im Anschlußleitungsnetz und — mittels Normwandlung — die 1MHz-Norm im Ortsverbindungs- und Fernnetz einzusetzen. Bei dieser Variante A' der Lösung A, die nur Schwarz/Weiß-Bildfernsprechen zuläßt, würden sich, wie Tabelle 7.9d und Bild 7.17 zeigen, merkliche Einsparungen gegenüber dem Investitionsaufwand für A ergeben, solange die Teilnehmerzahl gering ist. Allerdings ist damit auch eine Qualitätsverringering bei Bewegtbildübertragung verbunden. Eine derartige Maßnahme könnte aber als Zwischenschritt in der Einführungsphase des Bildfernsprechens zweckmäßig sein.

Mit größerer Teilnehmerzahl und geringeren Ansprüchen (BiF-1MHz-Schwarz/Weiß anstatt BiF-5MHz-Farbe) reduzieren sich die auf den Teilnehmer bezogenen Investitionen. Sie sind jedoch immer noch weit von dem Durchschnittswert im Fernsprechnetze (etwa 5000,— DM) entfernt. In den Bildern 7.22 und 7.23 sind die nötigen Gesamtinvesti-

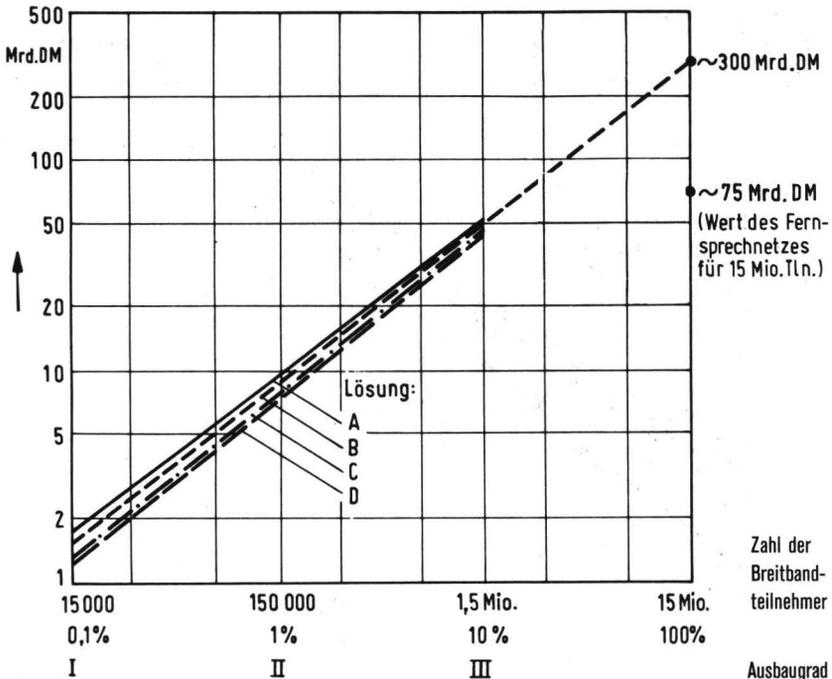


Bild 7.22 Gesamtinvestitionen für Breitbandnetz (5 MHz, Farbe)

tionen für Farbe bzw. Schwarz/Weiß angegeben. Die auf 100% (d. h. 15 Millionen BB-Teilnehmer) extrapolierten Werte

BiF-5 MHz-Farbe	etwa 300 Mrd. DM
BiF-5 MHz-Schwarz/Weiß	etwa 150 Mrd. DM
BiF-1 MHz-Schwarz/Weiß	etwa 100 Mrd. DM

sind selbstverständlich sehr unsicher. Sie geben aber noch die Größenordnung der zusätzlich zu den Investitionen im Fernsprechnet (ca. 75 Mrd. DM für 15 Mio. Teilnehmer) für den Vollausbau aufzuwendenden Mittel an.

Schließlich wurde auch noch abgeschätzt, ob ein in den Netzausläufern teilweise gemeinsam geführtes Kabelfernseh- und Bildfernsprechnet merkliche Einsparungen bringen könnte. Ein verringerter Aufwand könnte sich dadurch ergeben, daß die Kabel für das Kabelfernsehnnetz und für das Bildfernsprechnet in demselben Arbeitsgang verlegt würden oder daß ein für beide Telekommunikationsformen gemeinsam nutzbares Kabel Verwendung finden könnte. Eine grobe Abschätzung ergab jedoch, daß die dabei möglichen Einsparungen gering sind und in der Regel nicht realisiert werden können, da die Teilnehmergruppen meist geographisch anders verteilt sind und der Ausbau in verschiedenen Zeiträumen erfolgt. Auch hier könnte das Vorhandensein einer sehr preiswerten, breitbandigen optischen Nachrichtenübertragung auf Glasfasern die Situation verbessern.

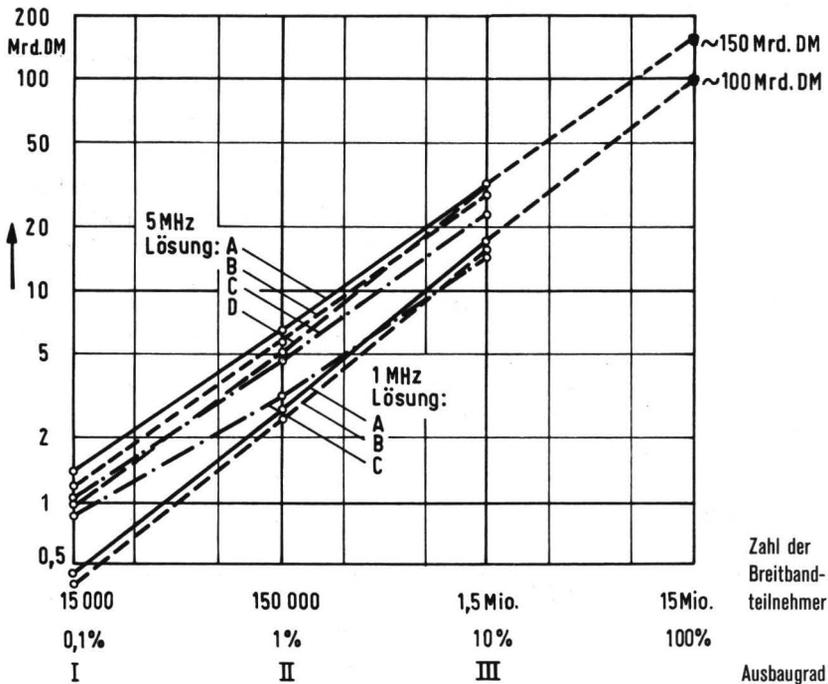


Bild 7.23 Gesamtinvestitionen für Breitbandnetz (Schwarz/Weiß)

Verzeichnis der Abkürzungen

A/D	analog/digital	
AE	Anschlußeinheit	
Asl	Anschlußleitung	Leitung zwischen Vermittlungsstelle und Teilnehmer
AST	Arbeitsfeldsteuerung	
B-AnS	Bild-Ansage-Satz	
BB-	Breitband-	
bg	bündelgeschirmt	
BiF	Bildfernsprechen	
bit		Informationseinheit
BK	Bildkonverter	Fernsehbild-Normwandler, der jeweils ein vollständiges Bild speichern kann. Erlaubt bei Bandbreitenreduzierung die Übertragung der vollen Auflösung, jedoch mit geringerer Bildwechselrate
CCD	charge coupled device	ladungsgekoppeltes Bauelement
CCIR	Comité consultatif international de radiocommunication	Internationaler beratender Ausschuß für den Funkdienst. Ständiges Organ der Internationalen Fernmeldeunion
D/A	digital/analog	
dB	Dezibel	1 Dezibel (dB) = 0,1 Bel (B). Einheit eines logarithmierten Größenverhältnisses, womit z. B. die elektr. Dämpfung angegeben wird
DiaS	Dialogsatz	
DM	Demultiplexer	
DPCM	differentielle Pulscodemodulation	
El	Endvermittlungsleitung	Leitung zwischen Knotenvermittlung und Endvermittlung

ES	Externsatz	Teil einer EWS-Vermittlung
EVSt	Endvermittlungsstelle	
EWS	Elektronisches Wählsystem	Neues Fernsprechvermittlungssystem der Deutschen Bundespost mit speicherprogrammierter Steuerung
EWSF	Elektronisches Wählsystem für Fernvermittlungen	
FDM	frequency division multiplex	Frequenzvielfach; Verfahren zur Mehrfachausnutzung von Leitungen durch Frequenzumsetzung
FVSt	Fernvermittlungsstelle	
Gbit	Gigabit	1 Gigabit (Gbit) = 1 Milliarde bit. bit: Informationseinheit
Gr-VSt	Gruppenvermittlungsstelle (nicht voll identisch mit der Gruppenvermittlungsstelle im Fernsprechnet)	
HVSt	Hauptvermittlungsstelle	
Intelsat	International Telecommunication Satellite Consortium	Internationale Betriebsgesellschaft für Fernmelde-satelliten
IS	Internsatz	Teil einer EWS-Vermittlung
ISDN	integrated services digital network	digitales Nachrichtennetz, in dem alle Dienste integriert sind
IST	integrated switching and transmission	integrierte Vermittlung und Übertragung
kbit	Kilobit	1 kbit = 1000 bit bit: Informationseinheit
KE	Koppelement	
KG	Koppelgruppe	
kHz	Kilohertz	1 kHz = 1000 Schwingungen je Sekunde
KN	Koppelnetzwerk	Bauteil einer EWS-Vermittlung

KSt	Kopfstelle	Teil eines dezentralen Vermittlungsnetzes
KTV	Kabelfernsehen	
KV	Koppelvielfach	
KVR	Koppelvielfachreihe	
KVSt	Knotenvermittlungsstelle	
KVz	Kabelverzweiger	
LI	link interface	Übertragungsschnittstelle
M	Multiplexer	
Mbit	Megabit	1 Mbit = 1 Million bit bit: Informationseinheit
MHz	Megahertz	1 MHz = 1 Million Schwingungen je Sekunde
ON	Ortsnetz	
ON-E	Ortsnetztyp am Ort der Endvermittlungsstelle	
ON-H	Ortsnetztyp am Ort der Hauptvermittlungsstelle	
ON-K	Ortsnetztyp am Ort der Knotenvermittlungsstelle	
ON-Z	Ortsnetztyp am Ort der Zentralvermittlungsstelle	
OVI	Ortsverbindungsleitung	Leitung zwischen Vermitt- lungsstellen, die zum sel- ben Ortsnetz gehören
OVSt	Ortsvermittlungsstelle	
PCM	Pulsmodulation	
PS	Pufferspeicher	
PSK	phase shift keying	Phasenumtastung (Modulationsverfahren)
S-KN	Sprech-Koppelnetzwerk	
TDM	technisch: time division multiplex	Zeitvielfach; Verfahren zur Mehrfachausnutzung von Leitungen durch zeitliche Verschachtelung der ein- zelnen Nachrichten
	finanziell: Tausend DM	

TF	Trägerfrequenz	
Tln	Teilnehmer	
TS	Teilnehmerschaltung	
TV	television	Fernsehen
VfE	Vorfeldeinrichtung	Teilnehmernahe Vermittlungseinrichtung im digitalen Netz
VSt	Vermittlungsstelle	
WS	Wahlsatz	Teil einer EWS-Vermittlung
ZK	Zeilenkonverter	Fernsehbild-Normwandler, der jeweils zwei Zeilen eines Bildes speichert. Verändert nicht die Zahl der Bildwechsel je Zeiteinheit
ZST	zentrale Steuerung	
ZVSt	Zentralvermittlungsstelle	

In der Untergruppe des Arbeitskreises 2 „Technik und Kosten“ haben unter der Leitung von Prof. Dr.-Ing. Wolfgang Kaiser (Vorsitzender des Arbeitskreises 2) an der Abfassung dieses Berichts als Autoren mitgewirkt:

Antreich, Kurt, Dr.-Ing.

AEG-Telefunken

Becker, Dietrich, Dr.-Ing.

Standard Elektrik Lorenz AG

Becker, Leo, OBERINGENIEUR

Standard Elektrik Lorenz AG

Domann, Peter, Dipl.-Ing.

Siemens AG

Gallenkamp, Wolrad, Dipl.-Ing., Abteilungspräsident

Fernmeldetechnisches Zentralamt der Deutschen Bundespost

Horak, Wolfgang, Dipl.-Ing.

Siemens AG

Irmer, Theodor, Dipl.-Ing., Oberpostdirektor

Fernmeldetechnisches Zentralamt der Deutschen Bundespost

Kaiser, Wolfgang, Prof. Dr.-Ing.

Universität Stuttgart

Kanzow, Jürgen, Dipl.-Ing., Ministerialrat

Bundesministerium für das Post- und Fernmeldewesen

Klein, Peter, Dipl.-Ing.

Siemens AG

Kleinke, Gerhard, Dipl.-Ing.

Siemens AG

Kraft, Manfred, Dipl.-Ing., Postdirektor

Bundesministerium für das Post- und Fernmeldewesen

Mosch, Rudolf, Dipl.-Ing.
Standard Elektrik Lorenz AG

Nestel, Siegfried, Dr.-Ing.
Standard Elektrik Lorenz AG

Ohnsorge, Horst, Dr.-Ing.
Heinrich-Hertz-Institut für Nachrichtentechnik Berlin GmbH

Schwärtzel, Heinz, Dipl.-Math.
Siemens AG

Spindler, Klaus, Dr.-Ing., Ministerialrat
Bundesministerium für das Post- und Fernmeldewesen

Steinhardt, Karl-Heinz, Dr.-Ing.
AEG-Telefunken

Vöge, Karl-Hinrich, Dr.-Ing.
Bundesministerium für Forschung und Technologie

Weber, Jens, Dr.-Ing.
Heinrich-Hertz-Institut für Nachrichtentechnik Berlin GmbH

Welzenbach, Manfred, Dr.-Ing.
AEG-Telefunken

Willibald, Gunther E., Dipl.-Ing.
Standard Elektrik Lorenz AG

