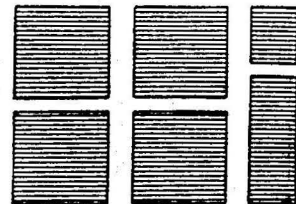
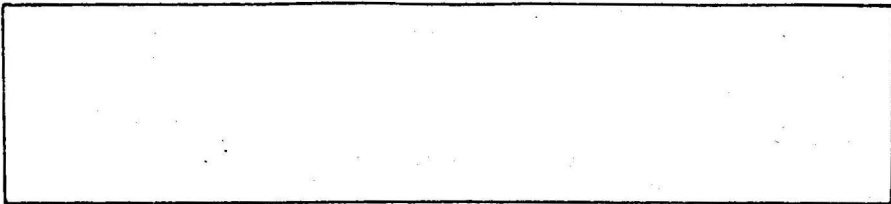


**Heinrich-Hertz-Institut  
für Nachrichtentechnik  
Berlin GmbH**

TECHNISCHER BERICHT NR. 219  
relevante Erfahrungen des Dauerbetriebs  
system Dezentrale Vermittlung allgemein  
der dezentralen Vermittlung auseinander  
von  
Dr.-Ing. Thomas Hermes  
September 1983



TECHNISCHER BERICHT NR. 219

Dezentrale Vermittlung

von

Dr.-Ing. Thomas Hermes

September 1983


Dezentrale Vermittlung

Inhaltsangabe

Im Heinrich-Hertz-Institut wurde ein komplexes Experimentalsystem ("Breitbandkommunikation mit optischen Kanälen") aufgebaut, in dem in einem diensteintegrierten Nachrichtennetz schwerpunktmäßig die dezentrale Vermittlung Einsatz findet.

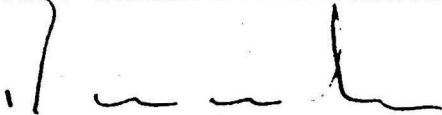
Der vorliegende Bericht gibt die bezüglich der dezentralen Vermittlung relevanten Erfahrungen des Dauerbetriebs des Experimentalsystems wieder und setzt sich allgemein mit dem Prinzip der dezentralen Vermittlung auseinander.

Bearbeiter



(Dr.-Ing. Thomas Hermes)

Wiss.-techn.Geschäftsführer



(Prof. Dr. C. Baack)

Abteilungsleiter



(G. Heydt)

## Inhaltsverzeichnis

	Seite
Dezentrale Vermittlung	1
1. Die verschiedenen Vermittlungsprinzipien	2
1.1 Dezentrale Vermittlung	4
1.2 Zentrale Vermittlung und Mischformen	6
1.3 Zusammenfassung	7
2. Dezentrale Vermittlung im HHI-Experimentalsystem	10
2.1 Übersicht über das HHI-System	10
2.2 Zielsetzungen des Projekts	11
2.3 Realisierung der dezentralen Vermittlung im HHI-System	12
2.4 Erfahrungen des Dauerbetriebs	14
2.4.1 Integration der Dienste	15
2.4.2 Netzstruktur und Ausfallsicherheit	17
3. Diskussion der dezentralen Vermittlung	20
3.1 Dezentrale Vermittlung für Breitbanddienste	22
3.2 Aufwandsfragen	22
3.3 Das Problem des Abhörens	24
3.4 Das Problem aktiver Störungen	25
3.5 Wartbarkeit und Erweiterbarkeit	26
4. Zusammenfassung	28
Literatur	30



## Dezentrale Vermittlung

Seit Anfang der 70er Jahre wird - stimuliert durch die großen Fortschritte der Integrationstechnik digitaler Bauelemente und die zunehmende Kapazität der digitalen Übertragungswege - das Prinzip der dezentralen Vermittlung intensiv diskutiert. Eine ausführliche Darstellung der Entwicklung geben Herold und Ohnsorge in /1/.

Die Kommission für den Ausbau des technischen Kommunikationssystems - KtK - beteiligte sich Mitte der 70er Jahre an der Diskussion mit der Untersuchung von Technik und Kosten bestehender und möglicher neuer Telekommunikationsformen /2/. Sie empfahl, die Forschung, Entwicklung und Erprobung neuer Technologien zur Übertragung und Vermittlung von Breitbandsignalen intensiv zu fördern. In Übereinstimmung mit dieser Empfehlung wurde im Heinrich-Hertz-Institut (HHI) das Projekt "Breitbandkommunikation mit optischen Kanälen" begonnen, in dem neben dem Test des optischen Kanals und der Ermittlung von Möglichkeiten zur Erweiterung konventioneller Netze für Breitbanddienste die Zweckmäßigkeit dezentral vermittelnder Netzgrundeinheiten in einem integrierten Netz beurteilt werden sollte. Erste Prognosen dieses Projekts waren dabei außerordentlich ermutigend - für Ortsnetze mit 10.000 Fernsprech-Teilnehmern und mit heutigem Leistungsumfang wurde für die dezentral vermittelnde Lösung bei verbesserter Betriebssicherheit eine deutliche Senkung der Investitionskosten erwartet /3/.

Der vorliegende Bericht gibt die bezüglich der dezentralen Vermittlung relevanten Erfahrungen des Dauerbetriebs des im HHI verwirklichteten Experimentalsystems wieder und diskutiert allgemein die dezentrale Vermittlung.

## 1. Die verschiedenen Vermittlungsprinzipien

Die klassischen Beispiele /4, 5, 6/ beschreiben die dezentrale Vermittlung in Linien-, Verzweigungs- und Ringnetzen. Entsprechend definiert die KtK die dezentrale Vermittlung /7/ "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 e i n e n breitbandigen Übertragungspfad angeschlossen. Es ist dabei belanglos, ob es sich um ein Ring- oder Verzweigungsnetz handelt." Weitere Ausführungen finden sich an anderer Stelle der gleichen Quelle /8/: "Prinzipiell läßt sich die Vermittlungsfunktion entweder z e n t r a l oder d e z e n t r a l 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 erste Definition mit der ausdrücklichen Beschränkung auf einen einzigen Übertragungspfad und auch die der zweiten Ausführung folgenden Beispiele der Netzstrukturen setzen die dezentrale Vermittlung und Verzweigungs- bzw. Ringstrukturen weitgehend gleich.

Damit befinden sich auch alle Autoren im Recht, die der dezentralen Vermittlung den Vorteil besonders kurzer Leitungslängen bescheinigt haben /9, 10, 11, 12/.

Mrozynski und Weber /13/ unterscheiden den Ort der Durchschaltung und der Steuerung des Durchschaltvorganges. Dabei kennzeichnen sie die dezentrale Vermittlung dadurch, daß sowohl die Durchschaltung als auch die Steuerung der Durchschaltung in den einzelnen Knoten verteilt, d.h. bei einem Ein-Ebenen-Netz beiden Teilnehmern angeordnet sind. Sind sowohl Durchschaltung, als auch Steuerung der Durchschaltung in einem Netzknoten konzentriert, so handelt es sich um eine zentrale Vermittlung, während die beiden verbleibenden Fälle, wo die Steuerung konzentriert angeordnet ist und die Durchschaltung verteilt bzw. die Durchschaltung konzentriert und die Steuerung verteilt ist, als Hybridvermittlung gekennzeichnet werden.

Inzwischen bekanntgewordene Konzepte ermöglichen eine dezentrale Vermittlung auch bei Netzen mit Sternstruktur - und zwar sowohl mit Paketvermittlung /14, 15/, als auch mit Leitungsvermittlung /16/. In den zitierten Fällen handelt es sich um Systeme mit Übertragung über Glasfasern. Das entscheidende Element ist jeweils ein Sternkoppler, der die Datenströme der Teilnehmer zum Summenverkehr zusammenfaßt - mit dem Vorteil des Fortfalls der Sende-/Empfangseinrichtungen am Summenpunkt, die bei einer zentralen Lösung bei Übertragung über Glasfasern benötigt würden.

Die durch den technischen Fortschritt ermöglichte Kombination von dezentraler Vermittlung und sternförmiger Netzstruktur ist in voller Übereinstimmung mit der Definition von Mrozynski und Weber und erzwingt eine Aktualisierung der Definition der KtK.

### 1.1 Dezentrale Vermittlung

Die folgende Definition umfaßt die Möglichkeit der dezentralen Vermittlung in allen Netzstrukturen und ist in weitestgehendender Übereinstimmung mit der Definition der KtK:

Die dezentrale Vermittlung ist in einem Netz mit einer einzigen Hierarchieebene dadurch gekennzeichnet, daß jede Teilnehmerstation die Vermittlungsfunktion, d.h. die Steuerung des Vermittlungsvorganges und die Durchschaltung, autonom wahrnimmt.

Eine offensichtliche Folge der Tatsache, daß jede Teilnehmerstation die Vermittlungsfunktion autonom durchführt, ist, daß jede Teilnehmerstation den Gesamtverkehr ihrer Netzebene empfängt.

Bei einem Nachrichtennetz mit mehreren Hierarchieebenen kann das Vermittlungsprinzip in den einzelnen Ebenen unterschiedlich sein, so daß immer nur eine einzelne Ebene gekennzeichnet werden kann. Bei der Beschreibung einer einzelnen Ebene sind die Übergangsstellen zur nächstniederen Ebene wie die Teilnehmerstationen eines Ein-Ebenen Netzes zu betrachten. Führen demnach die Netzknoten einer Ebene den Vermittlungsvorgang autonom durch und empfangen dazu den Gesamtverkehr ihrer Ebene, so vermittelt diese Netzebene dezentral.

Unabhängig davon, nach welchem Vermittlungsprinzip der Netzknoten als Übergangsstelle zweier Hierarchieebenen arbeitet, wird er immer nur den für die untere Ebene bestimmten Verkehr in diese vermitteln.

Als Beispiele für Netze mit zwei Hierarchieebenen seien alle möglichen 4 Fälle aufgeführt:

- Das klassische Netz ist das Stern/Stern Netz mit zentraler Vermittlung in beiden Netzebenen.
- Eine im Heinrich-Hertz-Institut realisierte Möglichkeit /17/ ist eine Linien/Linien Struktur für Breitbanddienste mit dezentraler Vermittlung in beiden Netzebenen.
- Werden die Teilnehmerstationen in einem dezentral vermittelnden Netz so ausgeführt, daß sie mehrere Teilnehmer mit eigenen Anschlußleitungen direkt bedienen, handelt es sich um ein Zwei-Ebenen Netz mit dezentraler Vermittlung in der oberen Ebene und zentraler Vermittlung in Sternstruktur in der unteren Ebene. Dieser Fall ist in der 140 Mbit/s Teilnehmerschleife des HHI Experimentalsystems verwirklicht /18/.
- Denkt man an die großen Längen der Teilnehmeranschlußleitungen z.B. in Kanada und an die verhältnismäßig große Zahl von multi party Anschlüssen, so kann eine Systemarchitektur sinnvoll sein, wo ein zentral vermittelndes Sternnetz in der letzten Hierarchieebene die Teilnehmer über dezentral vermittelnde Linien bedient.

Auch ein dezentral vermittelndes Netz benötigt in der Regel zentrale Einrichtungen wie beispielsweise einen Zeitmultiplexgenerator und Überwachungseinrichtungen. Dazu können je nach Netzstruktur z.B. in einem Verzweigungsnetz Verzweigungspunkte kommen oder bei einem Netz in Sternstruktur ein zentraler Sternkoppler, der den Einzelverkehr der Teilnehmer zusammenfaßt und den Summenverkehr dann allen Teilnehmern zur Verfügung stellt.

## 1.2 Zentrale Vermittlung und Mischformen

Für die Kennzeichnung der zentralen Vermittlung soll die Definition von Mrozynski und Weber verwendet werden, da die Definition der KtK mit der Festlegung auf eine exklusive Leitung für den Teilnehmer eine zu starke Einschränkung bedeutet. Wird die Definition der KtK dahin abgewandelt, daß jedem Teilnehmer ein eigener Kanal zur Vermittlungsstelle zur Verfügung steht, sind beide Definitionen identisch.

Eine zentrale Vermittlung liegt demnach vor, wenn die Steuerung des Vermittlungsvorganges und die Durchschaltung zentral erfolgen.

Zweifelsfälle existieren dann, wenn Multiplexechniken z.B. auf einer einzelnen Leitung angewendet werden.

So kann ähnlich dem Systemvorschlag von Weber /19/ leicht ein System entworfen werden, bei dem auf einer Linie bzw. auf einem Ring Teilnehmerstationen angeordnet sind, die in einem Zeitmultiplexsystem feste Kanäle in Form von Zeitschlitzten zugeordnet haben. Die Zentrale empfängt die Signalisierung der Teilnehmerstationen, steuert entsprechend den Vermittlungsvorgang und schaltet die jeweiligen Kanäle durch.

In diesem Fall sind Steuerung und Durchschaltung räumlich konzentriert, während verteilte Einrichtungen nur die Multiplexeinrichtungen bei den Teilnehmern betreffen.

Solche Fälle sollen trotz der verteilten Multiplexeinrichtungen als zentrale Vermittlung gelten.

Wenn allerdings, wie zum Beispiel beim Interconnect Band des Wang Net /20/, die einzelnen Teilnehmerstationen die Kanäle wahlfrei belegen können und diese von der steuernden Zentrale zugewiesen bekommen, liegt eindeutig eine hybride Vermittlung vor, da zwar die Steuerung in einem Knoten konzentriert ist, die Durchschaltung aber verteilt in allen Knoten erfolgt.

Der Vollständigkeit halber sei für das Beispiel noch der Fall der dezentralen Vermittlung erwähnt, wo die Teilnehmerstationen neben der wahlfreien Belegung der Kanäle ihrerseits die Steuerung vollständig übernehmen und die zentrale Einrichtung sich auf die Erzeugung eines Rahmens und auf Überwachungsaufgaben reduziert.

An dem behandelten Beispiel läßt sich erkennen, daß die dezentrale Vermittlung in Netzstrukturen wie Linie oder Ring weniger Bandbreite benötigt als die zentrale Vermittlung in den jeweils gleichen Netzstrukturen. Der Grund liegt darin, daß bei der dezentralen Vermittlung der Bündeleffekt zum Tragen kommt.

Für den zweiten Fall einer hybriden Vermittlung, bei dem die Teilnehmerstationen die Steuerung des Vermittlungsvorganges übernehmen und die Durchschaltung zentral erfolgt, sind in der Literatur bisher keine Beispiele bekannt.

### 1.3 Zusammenfassung

Nach den bisherigen Ausführungen ist sowohl die dezentrale, als auch die zentrale Vermittlung in Netzstrukturen wie Ring, Linie und Stern möglich. Dementsprechend ist zwischen den Auswirkungen der jeweiligen Netzstruktur und des jeweiligen Vermittlungsprinzip strikt zu unterscheiden.



Das Kriterium Gesamtleitungslänge ist - genügend Kanalkapazität der Leitung vorausgesetzt - von der Netzstruktur und nicht vom Vermittlungsprinzip abhängig. Die Auswirkungen von Kabelbrüchen werden ganz überwiegend von der Netzstruktur bestimmt und erst in zweiter Ordnung - je nach genauer Ausführungsform - vom Vermittlungsprinzip.

Die zentrale Vermittlung hat Steuerung und Durchschaltung des Vermittlungsvorganges bei Ein-Ebenen-Netzen in einem Netzknoten konzentriert, während bei der dezentral vermittelnden Lösung die einzelnen Netzknoten autonom sowohl die Steuerung als auch die Durchschaltung des Vermittlungsvorganges übernehmen.

Das wesentliche Charakteristikum der dezentralen Vermittlung ist die Tatsache, daß die Empfangsleitung beim Teilnehmer den Summenverkehr der Netzebene führen muß und damit die prinzipielle Möglichkeit des Abhörens, aber damit genauso die einfache Realisierbarkeit des broadcasting, d.h. des Rundspruches an beliebig große Teilnehmergruppen, besteht.

Darüber hinaus ist eine größere Auswirkung von Störungen ein Merkmal der dezentralen Vermittlung, da ja die von den Teilnehmern gesendeten Informationen zum Summenverkehr verknüpft werden müssen. Damit kann eine Teilnehmerstation, die durch technischen Defekt oder durch Manipulation die jeweiligen Vorschriften nicht einhält, das Gesamtsystem zum Zusammenbruch bzw. bei Mehrebenenlösungen zum Teilzusammenbruch bringen.

Das wesentliche Charakteristikum der zentralen Vermittlung in Ein-Ebenen-Netzen ist, daß jeder Teilnehmer einen exklusiven



Kanal zur Verfügung hat und daß damit in Netzstrukturen wie Ring oder Linie die benötigte Bandbreite gegenüber der dezentral vermittelnden Lösung größer ist; daß aber auch die Wirtktiefe von Störungen in einer Sternstruktur wesentlich geringer ist und vom Teilnehmer her durch Manipulation kaum eine Störung des Systems möglich ist.

## 2. Dezentrale Vermittlung im HHI Experimentalsystem

Im Rahmen des oben angesprochenen Projekts "Breitbandkommunikation mit optischen Kanälen" wurde beginnend mit dem Jahr 1976 am Heinrich-Hertz-Institut Berlin in Zusammenarbeit mit führenden Firmen der deutschen Nachrichtenindustrie ein experimentelles Breitbandkommunikationssystem aufgebaut (Bild 1).

### 2.1 Übersicht über das HHI-System

Das System ist diensteintegriert und verwendet optische Übertragungsstrecken. Es besteht aus miteinander verbundenen digitalen und analogen Teilsystemen /21, 22/. In beiden Netzen stehen den Teilnehmern die Dienste Fernsprechen, Datenverkehr, Bildfernsprechen mit Farbfernsehqualität, Stereo-Rundfunkverteilung und Farbfernsehen gleichzeitig zur Verfügung.

Das digitale System besteht aus einzelnen Teilnehmerschleifen mit Übertragungsraten von 10 Mbit/s /23/, 17 Mbit/s /24/, 140 Mbit/s /25/ und 280 Mbit/s /26, 27/. Die Teilnehmerschleifen sind miteinander über eine Ortstrasse von 4 mal 280 Mbit/s /28/ und eine sog. Ferntrasse von 2 mal 560 Mbit/s /29/ verbunden. Während in dem analogen System eine zentrale Vermittlung in einem Sternnetz realisiert ist, wird in dem digitalen Teil des Systems das Prinzip der dezentralen Vermittlung angewendet.

Im Experimentalsystem wurde die dezentrale Vermittlung für Schmalbanddienste in einer einzigen Netzebene als Verzweigungsnetz realisiert, während die Breitbanddienste in einer Linien/Linien Struktur als dezentrales Zwei-Ebenen Netz organisiert sind. Die Verzweigungspunkte bzw. die Vermittlungsknoten zwischen den Linien sind die sogenannten Vorfeldeinrichtungen /30/.

Als wesentlicher Bestandteil des Systems wurde das Prüf- und Auswertesystem PAS realisiert. Das PAS ermöglicht neben der Gebührenerfassung bei der dezentralen Vermittlung die Überwachung der Betriebsabläufe und die Steuerung der Netzkomponentenprüfung /31/.

Der digitale, dezentral vermittelnde Teil des HHI Systems ist mit dem analogen, zentral vermittelnden Teil über Überleiteinrichtungen kompatibel für alle Dienste verbunden /32/.

## 2.2 Zielsetzung des Projekts

Zentrales Anliegen des Projekts war neben der Erprobung der optischen Nachrichtentechnik das Studium verschiedener Vermittlungsprinzipien, insbesondere der dezentralen Vermittlung in einem diensteintegrierten Breitbandnetz. Vorgaben des Projekts waren

- Übertragung ausschließlich auf optischen Strecken
- Diensteintegration von Breitband-, Schmalband- und Verteildiensten
- Nachweis der Funktionsfähigkeit der dezentralen Vermittlung
- Nachweis von Prüfmöglichkeiten und der Gebührenerfassung bei dezentraler Vermittlung
- Nachweis der Möglichkeit der Überleitung des dezentralen Netzes auf konventionelle analoge Netze.

Das Projekt hatte vornehmlich den Charakter eines Technologieversuchs.

### 2.3 Realisierung der dezentralen Vermittlung im HHI-System

Bei dem digitalen, dezentral vermittelnden Netz handelt es sich um ein vollsynchrones Zeitmultiplexsystem mit 34 Bit-Zeitschlitzten und 500  $\mu$ sec Zeiträhmendauer. Der Zeitmultiplexrahmen in der 280 Mbit/s Teilnehmerschleife (Bild 2) besteht aus 4096 Zeitschlitzten, die in 4 Unterrahmen (Spalten) zusammengefaßt sind.

Spalte 1 ist für die Schmalbanddienste und maximal 32 Hörfunkkanäle reserviert, in Spalte 2 wird ein Verteil-Fernseh-Programm eingespeist und die Spalten 3 und 4 dienen dem Bildfernsehen.

Für den Verbindungsaufbau wird der gleiche Zeitschlitz wie für den Gesprächsdatenaustausch verwendet (in-slot-Signalisierung), zur Unterscheidung dient das 2. Bit des Zeitschlitzes. Da das erste Bit des Zeitschlitzes als Synchronisierbit dient, ergibt sich so der Schmalbandkanal zu 64 kbit/s, während der Breitbandkanal eine Bitrate von 65,536 Mbit/s aufweist, welche durch hybride DPCM-Codierung erreicht wird.

Der Datenfluß im System beginnt beim zentralen Sync-Generator, der leere Rahmen erzeugt. Diese werden auf die 4 Ortstrassenleitungen eingespeist. Die Ortstrassenleitungen stellen für die Vorfeldeinrichtungen die Sendeleitungen dar, auf die alle zu sendende Informationen eingespeist werden. Nach der letzten Vorfeldeinrichtung führen die Ortstrassenleitungen den Gesamtverkehr des Systems und werden als Empfangsleitungen über alle Vorfeldeinrichtungen zurückgeführt. Diese senden jeweils ein Duplikat der Schmalbandspalte der Hauptleitung in die jeweiligen Teilnehmerschleifen, so daß diese über den

Summenverkehr der Schmalbanddienste verfügen. Außerdem vermitteln die Vorfeldeinrichtungen in die jeweiligen Teilnehmerschleifen die für sie bestimmten Breitbandspalten.

In den Teilnehmerschleifen überwachen die Teilnehmerstationen den Datenfluß auf für sie bestimmte Rufe. Erkennt eine Teilnehmerstation einen Ruf, nimmt sie autonom die Vermittlungsfunktion wahr und speist ihre Information im von der Ruf-Signalisierung definierten Zeitschlitz auf die Faser der Teilnehmerschleife ein, die zur Vorfeldeinrichtung zurückführt.

Dort werden die Daten, wie bereits beschrieben, in die Orts-trassenleitung übernommen. Die notwendige Rahmensynchronität der Datenströme an der Vorfeldeinrichtung wird dadurch erreicht, daß am Ende der Teilnehmerschleife ein sogenannter Sync-Reflex angeordnet ist. Dieser wird vom Zeitmultiplexrahmen der Teilnehmerempfangsleitung synchronisiert und erzeugt für die Sendeleitung einen leeren, verzögerten Rahmen derart, daß bis auf einen geringen Versatz an der Vorfeldeinrichtung Rahmensynchronität zwischen den Datenströmen existiert. Für einen Feinabgleich und eine Ausregelung möglicher Phasenschwankungen sorgt die Vorfeldeinrichtung selbst mittels elastischer Speicher (vergl. /33/).

Während die Teilnehmerstationen der 280 Mbit/s Teilnehmerschleife das gesamte Spektrum der Dialog- und Verteildienste abwickeln (vergl. /34/), wird in der 140 Mbit/s Schleife auf Verteildienste verzichtet und das Bildfernsprechen verfügt nicht über Farbe. Die Gesamtzahl der Bildfernsprech- und Schmalbandkanäle bleibt aber gleich.

Die Schmalbandkanäle ermöglichen - nach Abzug von für das System benötigten Dienstkanälen - 253 Schmalbandverbindungen. Diese Zahl reicht für eine größere Zahl von Teilnehmern aus, so daß der Schmalbandverkehr als Einebenennetz realisiert werden konnte. Da die Gesamttaktrate des Systems aus Aufwandsgründen durch die maximale Taktrate der verfügbaren integrierten Bauelemente von etwa 300 Mbit/s begrenzt war, existieren bei den realisierten 278,528 Mbit/s nach Abzug der Schmalbandspalte gerade 3 Breitbandspalten. Nach Abzug der Fernsehverteilspalte sind damit maximal 2 Breitbandgespräche pro Teilnehmerschleife möglich. Diese Kanalzahl wäre in einem Ein-Ebenen-Netz für das Bildfernsprechen ungenügend, so daß der Breitbandverkehr in einem Zwei-Ebenen-Netz organisiert werden mußte, in dem in der oberen Ebene zur Führung des Summenverkehrs jeweils Leitungen parallel geführt werden müssen; dies bedeutet einen entsprechend gesteigerten Aufwand an Empfangs-, Sende- und Übertragungseinrichtungen.

#### 2.4 Erfahrungen des Dauerbetriebs

Das gesamte Netz erfüllt insgesamt mit großer Zuverlässigkeit sämtliche Betriebsanforderungen.

Als besonders zuverlässig erwiesen sich die elektronischen Komponenten der dezentralen Vermittlung in den Teilnehmerstationen und in den Vorfeldeinrichtungen. Die Fehlerraten des Systems lagen im Betrieb in der Regel bei besseren Werten als  $10^{-9}$  /35/. Die Analyse der Fehlerstrukturen zeigte, daß die Fehler überwiegend auf den Übertragungstrecken auftraten.

Die geforderten Prüfabläufe des Prüf- und Auswertesystems wie Netzüberwachung auf unzulässige Betriebsabläufe und die selbständige Komponentenprüfung als auch die Gebührenerfassung

wurden in ihrer Funktion nachgewiesen - ebenso wie die Überleitung des dezentralen, digitalen Netzes auf ein zentrales, analoges Netz.

Der Ausfall eines Repeaters sowie ein Kabelbruch - simuliert durch das Öffnen einer optischen Steckverbindung - in der 280 Mbit/s Teilnehmerschleife hatte regelmäßig den Gesamtausfall des Systems zur Folge. Der Grund war, daß der erste intakte Sender hinter dem Ort der Störung in diesem Falle zufällige Muster aussandte. Diese Muster wurden in der Vorfeldeinrichtung dann mit den einwandfreien Daten der Orts- trasse überlagert und zerstörten mindestens die Schmalbandspalten.

Dieser Fehler hätte sich einmal durch konstruktive Maßnahmen in den Repeatern sicher verhindern lassen; die Wirkbreite des Fehlers hätte sich zudem leicht z.B. in der Vorfeldeinrichtung dadurch verkleinern lassen, daß die Teilnehmerleitung bei Synchronisationsverlust weder schmalband- noch breitbandmäßig durchgeschaltet wird. Die Maßnahme unterblieb vermutlich deshalb, weil damit gerechnet wurde, daß bei einem Leitungsbruch bzw. einem ausgefallenen Repeater an der Vorfeldeinrichtung logische Nullen ankommen würden, die bei der Überlagerung der Datenströme von Teilnehmerschleife und Orts- trasse (logische ODER Funktion) das System nicht gestört hätten.

Einige kritische Punkte werden im folgenden ausführlich diskutiert.

#### 2.4.1 Integration der Dienste

Die Integration der Schmalband- und der Breitbanddienste mit einer um den Faktor 1000 größeren Bitrate in einen gemeinsamen Zeitmultiplexrahmen bedeutet, daß auch ein Teilnehmer, der nur Schmalbanddienste wahrnimmt, über eine hochratige

Elektronik verfügen muß. Neben dem wesentlich höheren Aufwand entsteht damit ein wesentlich vergrößerter Leistungsbedarf, der eine Fernspeisung des Teilnehmers praktisch unmöglich und eine Notstromversorgung jedenfalls kritisch und aufwendig macht.

Mit dem heutigen Stand der Technik würde diese Dienstintegration in einen gemeinsamen Zeitmultiplexrahmen nicht mehr erfolgen; eine neue Möglichkeit der Integration ist inzwischen durch das Wellenlängenmultiplexen gegeben. Hier werden Schmalband- und Breitbanddienste unabhängig auf verschiedenen Wellenlängen geführt. So kommt ein Teilnehmer, der nur Schmalbandverkehr abwickelt, mit wesentlich geringeren Taktraten und damit auch mit einer leistungsärmeren und höher integrierbaren Elektronikfamilie aus.

Eine Milderung des Aufwands- und Leistungsproblems ergibt sich mit einer sogenannten Konzentrator-Lösung, wie sie z.B. in der 140 Mbit/s-Teilnehmerschleife realisiert ist. Bei dieser Lösung sind die hochratigen Netzzugangseinrichtungen und die Steuerung der Station mehreren Teilnehmern gemeinsam zugeordnet, so daß der Aufwand und der Leistungsverbrauch pro Teilnehmer mit der Zahl der angeschlossenen Teilnehmer sinkt. Bei der Bewertung dieser Möglichkeit ist allerdings zu beachten, daß das Netz jetzt zu einem Zwei- bzw. Drei-Ebenen-Netz geworden ist. Während der Schmalbandverkehr in der oberen Ebene dezentral in einem Verzweigungsnetz organisiert ist und der Breitbandverkehr in den beiden oberen Ebenen dezentral aus einer Linien/Linien Struktur besteht, ist die untere Ebene in dieser Lösung prinzipiell ein zentral vermittelndes Sternnetz.



Trotz der Milderung der Probleme bei einer Konzentratorenlösung bleibt das Problem des krass unterschiedlichen Bandbreitenbedarfs von Schmal- und Breitbanddiensten bestehen. Dies kann selbst in zentral vermittelnden, diensteintegrierten Sternnetzen durchaus dazu führen, daß dem Teilnehmer Schmal- und Breitbanddienste auf zwei verschiedenen Wellenlängen zugeführt werden (vergl. z.B. /51/). Dies hat einmal den Vorteil, daß der Teilnehmer, der nur Schmalbanddienste benötigt, aufwandsarm angeschlossen werden kann; außerdem läßt sich eine Notstromversorgung bzw. Fernspeisung - für Schmalbanddienste - wesentlich leichter und kostengünstiger realisieren.

#### 2.4.2 Netzstruktur und Ausfallsicherheit

In Linien- bzw. Ringnetzen wirken sich Defekte der Ein-/Auskoppelstelle bzw. Kabelbrüche besonders stark aus. Bereits deutlich weniger empfindlich sind Verzweigungsnetze oder Netzstrukturen mit zwei oder mehr Hierarchieebenen, sofern die obere Ebene besonders gesichert ist.

In der Literatur werden zahlreiche Verfahren zur Sicherung von Strukturen wie Ring und Linie diskutiert. Neben dem Doppelring /36/ wird eine Linienstruktur in Form eines offenen Ringes diskutiert, der sich im Fehlerfall zu einer neuen, intakten Linie schließt /37/. Darüber hinaus wurden redundante Leitungsführungen in Form eines Zopfes /38/ realisiert.

Die im Experimentalsystem verwirklichte Netzstruktur des Linien/Linien Netzes für Breitband- und des Verzweigungsnetzes für Schmalbanddienste wird durch redundante Leitungsführung auf der oberen Ebene gesichert. Dabei wird die Schmalbandspalte auf drei Trassenleitungen zusätzlich geführt und die Trassen weisen zusätzliche Kapazität an Breitbandkanälen auf, um den Ausfall von Trassenleitungen ausgleichen zu können.

Prinzipiell lassen sich in den Verzweigungspunkten bzw. den Knotenpunkten zwischen den Linien durch geeignete Maßnahmen die Störauswirkungen des Ausfalls einer Teilstrecke bzw. einer Linie auf das Gesamtsystem verhindern, die einzelne Teilstrecke bzw. die Linie ist aber durch einen Defekt der Ein-/Auskoppelstrecke bzw. einen Kabelbruch vollständig ausgefallen. Damit nicht bereits beim Netzausfall einer einzigen Station eine solche Störung erfolgt, wären auch in den einzelnen Teilnehmerstationen geeignete Sicherheitsmaßnahmen z.B. mittels HF-Relais erforderlich.

Der Ausfall eines einzigen Repeaters, beispielsweise verursacht durch Netzausfall, aber wirkt sich wie ein Kabelbruch aus, so daß hier in den genannten Strukturen weitere Sicherheitsmaßnahmen erforderlich wären.

Berechnungen für eine sichere Ein-/Auskoppelstelle, die eine Ausfallwahrscheinlichkeit von  $3 \cdot 10^{-13}$  ergaben /39/ (d.h. daß selbst bei einer mittleren Reparaturdauer von nur einer Sekunde die Ein-/Auskoppelstelle im Mittel mehr als 100.000 Jahre fehlerfrei arbeiten müßte), haben eher theoretischen Wert, da die in die Berechnungen bei dieser Größenordnung Parameter erster Ordnung wie z.B. die Ausfallwahrscheinlichkeiten der Stromversorgungen mit hätten eingehen müssen.

Bei der Betrachtung der Ausfallsicherheit ist als vorrangiger Parameter auch die Sicherheit gegen Manipulation oder bewußte Störung mit zu betrachten. Diese - gewissermaßen potentielle - Unsicherheit einer Struktur ist ein besonders wichtiger Systemparameter für Anwendungen z.B. in der öffentlichen Technik.

Maßnahmen zur Milderung der Empfindlichkeit einer Struktur wie redundante Leitungsführung und redundante Ein-/Auskoppelstellen treiben den Aufwand in die Höhe und können jedenfalls

in lokal eng begrenzten Gebieten die ursprünglichen Vorteile der Struktur - bei Linien und Ringnetzen im wesentlichen die gegenüber der Sternstruktur stark verkürzten Kabellängen - ganz oder teilweise wieder aufheben.

Die im Experimentalsystem verwirklichte Netzstruktur ist in den Teilnehmerschleifen sehr empfindlich gegenüber Defekten der Ein-/Auskoppelstellen, Kabelbrüchen und gegen technisch bedingte oder bewußt verursachte Störungen des Datenflusses.

Zu erwähnen bleibt, daß das faktisch Industriestandard gewordene Ethernet /40/ die insgesamt unsicherste Struktur, eine Linienstruktur, trotz aller Nachteile verwirklicht.

### 3. Diskussion der dezentralen Vermittlung

Der Entwicklungsstand der dezentralen Vermittlung ist geprägt durch zahlreiche Anwendungen auf dem Gebiet der Local Area Networks (LAN), einer Entwicklung, die den lokalen Rechnernetzen entstammt und Bürokommunikation und andere Dienste integriert hat. Die bekannten Lösungen wickeln den Verkehr mittels der Paketvermittlung ab.

Versuche, Sprache in diese Systeme zu integrieren, sind nicht weit verbreitet. Bei den Summenbitraten, die im allgemeinen in der Größenordnung von 10 Mbit/s liegen, ist dieses real-time Erfordernis schwer erfüllbar - verkehrsabhängige Paketverluste können zu starken Qualitätsminderungen führen.

In der klassischen Nachrichtentechnik kann auf der anderen Seite das Bemühen registriert werden, Datenverkehr in die Nachrichtennetze zu integrieren. Bis zu einem gewissen Grade konvergieren die klassischen Rechnernetze und die Nachrichtennetze.

Der technische Fortschritt vornehmlich bei den hochintegrierten Bauelementen macht es möglich, beide Netztypen in ein System zu integrieren. Ein System, in dem z.B. im Zeitmultiplex sowohl die Paketvermittlung als auch die Durchschaltungsvermittlung integriert sind, macht vom Aufwand her heute keine Schwierigkeiten.

Insgesamt werden immer komplexere Systemarchitekturen möglich und damit die Abgrenzungen immer unschärfer. So kann z.B. im Wellenlängenmultiplex in einem System mit Sternstruktur auf einer Wellenlänge eine zentrale Vermittlung, auf der anderen Wellenlänge eine dezentrale Vermittlung erfolgen - wobei der dezentrale Netzteil gleichzeitig eine Durchschaltungsvermittlung und eine Paketvermittlung enthalten kann.

Die zentrale Vermittlung tendiert zu immer stärker modularisierten Aufbau. Ein Vorschlag, der die Modularisierung extrem weit treibt /41/, baut die Zentrale aus einzelnen Teilnehmerstationen eines dezentralen Netzes auf. In diesem Fall weist die Vermittlungsstelle intern eine Linienstruktur auf mit einer Teilnehmerstation für jeden einzelnen Teilnehmer. Damit werden im Vergleich zur entsprechenden dezentralen Lösung Eigenschaften wie Gesprächsauf- und abbauzeiten und Leistungsmerkmale genau gleich.

Bei der Charakterisierung der Typika der jeweiligen Vermittlungsprinzipien ist demnach darauf zu achten, daß die jeweiligen Strukturen verglichen werden, die bezüglich des Kriteriums optimale Eigenschaften aufweisen.

Weber diskutiert in /42/ einen Systemvorschlag und führte aus, daß dieses System in der nahen Zukunft wesentlich geringere Kosten aufweisen werde, als die bestehenden Ortsnetze. Das diskutierte Netz ist ein Zwei-Ebenen Netz mit zentraler Vermittlung in Sternstruktur in der unteren Ebene und dezentraler Vermittlung in Ring- bzw. Doppelringstruktur in der oberen Ebene. Die von Weber prognostizierte aufwandsmäßige Überlegenheit dieser Netzstruktur kann nun aber nicht dazu herangezogen werden, der dezentralen Vermittlung besondere Kostenvorteile zuzurechnen. Dazu wäre ein Vergleich des diskutierten Systems mit einem ähnlich gut angepaßten, zentral vermittelnden Zwei-Ebenen Netz nötig. Bei völlig gleicher unterer Netzebene kann die obere Ebene zentral vermittelnd in Ring- bzw. Doppelringstruktur ausgeführt werden. Genügend Kanalkapazität vorausgesetzt sind dann in beiden Systemen die Kabellängen, die Zahl der optischen Sender und Empfänger etc. genau gleich, während sich die interne Struktur der als Konzentrator bezeichneten Übergangsstelle der Netzebenen ändern würde. Beide Systeme sind vom Aufwand her damit sehr ähnlich.

Die im Vergleich zentrale Vermittlung - dezentrale Vermittlung prinzipiell unterschiedlichen Punkte sollen im folgenden ausführlich diskutiert werden.

### 3.1 Dezentrale Vermittlung für Breitbanddienste

Geht man bei den Breitbanddiensten von einer Bitrate von 70 Mbit/s für einen Bildfernsprechkanal aus, so ist bereits bei 4 Kanälen die Grenze der schnellsten heutigen integrierten Bauelementfamilien erreicht. Da bei der dezentralen Vermittlung in jedem Falle der Summenverkehr geführt werden muß, würde sich so eine Kanalzahl von max. 4 Kanälen ergeben.

Bei einer Organisation des Netzes in zwei Hierarchieebenen verlagert sich das Problem auf die obere Ebene, wenn diese dezentral vermittelnd ausgeführt wird. Darüber hinaus ist eine Teilnehmerschleife mit einer so geringen Kanalzahl nur für eine sehr kleine Teilnehmerzahl geeignet.

Solange nicht wesentlich schnellere Logikfamilien zur Verfügung stehen oder andere Multiplexechniken wie der optische Heterodynempfang /43/ anwendungsreif sind, ist also wegen der mangelnden Kanalzahl der Einsatz der dezentralen Vermittlung für Breitbanddienste nicht sinnvoll.

### 3.2 Aufwandsfragen

Jede Betrachtung des Aufwandes wird durch die rapide Steigerung der Kosten/Leistungsrelation bei den LSI bzw. VLSI Bausteinen bestimmt.

Für die Abschätzung des Aufwandes sind nicht die Anzahl von Gattern/Speicherfunktionen maßgeblich, sondern die Frage, ob die benötigten Bauelemente in Großserien produziert werden bzw. produziert werden können und damit hochintegriert bzw. hochintegrierbar sind.

Zum Beispiel bemühen sich mehrere Firmen darum, die für das Ethernet benötigte Ein-/Auskoppelstelle und auch die Steuerung zu integrieren und damit den Zugang zum Netz bzw. die Teilnehmerstation auf zwei Chips zu beschränken. Für die nahe Zukunft wird auch bereits die Ein-Chip Lösung angekündigt /44/.

Ein weiteres Beispiel betrifft die Steuerung der Vorfeldeinrichtung des HHI Systems. In der Vorfeldeinrichtung werden für die Steuer- und Überwachungsaufgaben im zentralen Mikroprozessor eine Doppeleuropa- und zwei Europa Karten benötigt. Deren Funktionen lassen sich heute mit einem gängigen Ein-Chip Mikrocomputer erfüllen.

Als weiteres Beispiel sei noch die Teilnehmerstation der 280 Mbit/s Schleife des HHI Systems erwähnt. In einer Diplomarbeit /45/ wurde für reine Schmalbanddienste eine Mikroprozessorsteuerung der Station konzipiert und mit 3 kByte Festwertspeicher und 1 kByte Schreib-/Lesespeicher aufgebaut. Der Autor führt bereits aus, daß die Steuerung auch mit einem Ein-Chip Mikrocomputer realisiert werden kann und die Vorverarbeitung in einem VLSI integrierbar ist.

Da bei der Aufwandsbetrachtung der teilnehmerbezogene Aufwand entscheidend ist und auch in einer zentralen Vermittlung teilnehmerbezogener Aufwand von mindestens einem Chip entsteht, wird dadurch die Aufwandsbetrachtung stark relativiert.

Zur Beurteilung von Systemarchitekturen sollten demnach in wesentlich stärkerem Rahmen Kriterien wie Zuverlässigkeit bzw. Ausfallsicherheit, Prüfbarkeit bzw. Wartbarkeit und gegebenenfalls Erweiterbarkeit und Übersichtlichkeit herangezogen werden.



### 3.3 Das Problem des Abhörens

Da die dezentrale Vermittlung zu ihrer Funktion den Summenverkehr zum Teilnehmer führen muß, ist die prinzipielle Möglichkeit des unbefugten Mithörens eine Eigenschaft der dezentralen Vermittlung. Dieser Nachteil ist dann ein Vorteil, wenn er erwünscht ist - also z.B. in Systemen, in denen ein Rundspruch an Teilnehmergruppen möglich sein soll.

Das Problem des Abhörens mildert sich stark in einem Zwei-Ebenen Netz, da hier die Möglichkeit des Abhörens jeweils auf die Teilnehmergruppen der unteren Hierarchieebenen begrenzt wird. So kann es sinnvoll sein, trotz verfügbarer Bandbreite eine dezentrale Vermittlung als Zwei-Ebenen Netz zu konzipieren, um die Möglichkeit des Abhörens zu begrenzen und das Netz flexibel an die Erfordernisse anzupassen.

Ein neues Systemkonzept /46/ ermöglicht die dezentrale Vermittlung ganz ohne Möglichkeit des Abhörens.

Es handelt sich um ein System in Sternstruktur mit einer zentralen Zusatzeinrichtung. Diese Einrichtung überwacht die gesamte Signalisierung des Systems und speichert alle existierenden Verbindungen. Bei einer bestehenden Verbindung werden allen an der Verbindung nicht beteiligten Teilnehmern statt der Gesprächsdaten dieser Verbindung Standarddaten gesendet, welche z.B. den besetzten Kanal kennzeichnen. Das Ersetzen der Daten übernehmen Schalteinrichtungen, die am zentralen Sternpunkt angeordnet sind. Hervorzuheben ist, daß der gesamte Betriebsablauf dezentral ist und die Zusatzeinrichtungen einzig und allein dazu dient, nicht berechtigten Teilnehmern die für sie nicht bestimmte Information unzugänglich zu machen.

Für reinen Datenverkehr ermöglichen neue Verschlüsselungsverfahren, die sogenannten Public Key Verfahren /47/ weit-



gehende Sicherung gegen jedes Abhören. Das public key Verfahren zeichnet sich durch ein besonders unkompliziertes Verfahren aus. Der Schlüssel jedes Teilnehmers kann öffentlich zugänglich sein, ebenso wie der Verschlüsselungsalgorithmus. Die verschlüsselte Nachricht kann offen gesendet werden und dennoch ist gewährleistet, daß eine Entschlüsselung für den Unberechtigten praktisch unmöglich ist. Auf gleichartige Weise kann darüber hinaus eine gesendete Nachricht authentisch gemacht, d.h. signiert werden.

Im UNIVERSE Projekt werden für ein dezentrales System auch diese Fragen untersucht /48/; Kryptographieverfahren werden auch für Teletex - unabhängig vom Vermittlungsprinzip - diskutiert /49/ und der Data Encryption Standard des National Bureau of Standard /50/ ist dabei, zu einem de facto Standard für kommerziellen Datenverkehr zu werden.

Inwieweit ein vereinfachtes Verfahren - natürlich mit dann geringerer Sicherheit - für Echtzeitanwendungen wie Telefon angewendet werden könnte, ist noch nicht untersucht.

### 3.4 Das Problem aktiver Störungen

Unter aktiven Störungen soll verstanden werden, daß eine Teilnehmerstation oder ein Repeater - bedingt durch einen technischen Defekt oder durch Manipulation - unberechtigt Daten ins Netz sendet.

Bei dezentral vermittelnden Netzen mit nur einer Hierarchieebene besteht prinzipiell die Möglichkeit, daß eine Teilnehmerstation oder eine andere Systemkomponente das gesamte Netz aktiv stört und damit einen Systemzusammenbruch bewirkt.

Auch in diesem Falle bietet ein Zwei-Ebenen Netz eine Abhilfe für das Gesamtsystem, da die Übergangsstellen zur oberen Ebene jeweils die Möglichkeit bieten, diese Störung zu erkennen und eine Auswirkung auf die obere Netzebene zu verhindern. Die jeweilige Teilnehmergruppe mit dem störenden Element ist allerdings vom Verkehr ausgeschlossen.

Das bereits in 3.3 erwähnte Systemkonzept /46/ bietet aber auch bei aktiven Störungen in einem Einebenennetz mittels erweiterter Zusatzeinrichtungen Abhilfe.

Zur Verhinderung des Abhörens war durch zentral angeordnete Schalter jedem Teilnehmer der Empfang von nicht für ihn bestimmten Verbindungen unmöglich gemacht worden.

Werden auf den Sendeleitungen der Teilnehmer direkt am zentralen Sternpunkt weitere Schalteinrichtungen angebracht, die zusätzlich jedem Teilnehmer das Stören bestehender Verbindungen verwehren, so könnten Teilnehmer ausschließlich leere Kanäle stören. Hier wäre die zentrale Zusatzeinrichtung zusätzlich in der Lage, einen störenden Teilnehmer z.B. durch Probeschaltungen zu ermitteln und gegebenenfalls über die erwähnten Schalter vom Netz völlig zu trennen.

Auch hier ist hervorzuheben, daß die zentrale Einrichtung ausschließlich dem Zwecke dient, Gesprächsstörungen durch defekte oder böswillige Teilnehmer zu verhindern, die Vermittlung erfolgt rein dezentral.

### 3.5 Wartbarkeit und Erweiterbarkeit

Bei der Wartbarkeit ist die räumliche Ausdehnung des Netzes dann von entscheidender Bedeutung, wenn der Ausfall z.B. einer Teilnehmerstation mehr als nur diesen Teilnehmer beeinträchtigt, d.h. z.B. Teilnetze zum Ausfall bringt.

In diesem Fall liegt in der räumlichen Verteilung der Teilnehmerstationen bei der dezentralen Vermittlung ein gravierender Nachteil.

Der Fall kann in Anwendungen, die ein einzelnes Gebäude oder ein eng begrenztes Gebiet betreffen, anders liegen, wenn alle Stationen frei zugänglich sind. Allerdings ist auch in diesem Fall die Anordnung der Teilnehmerstationen in verschlossenen Räumen bereits kritisch. So konnte es bei einem auf dem Markt eingeführten dezentralen Vermittlungssystem, das Telefon und Datenverkehr abwickelt, durchaus vorkommen, daß nach einer Störung jede einzelne Teilnehmerstation manuell rückgesetzt werden mußte - ein ärgerlicher Systemfehler, da im allgemeinen die Räume nicht frei zugänglich waren.

Die Erweiterbarkeit dezentral und zentral vermittelnder Netze ist abhängig von der jeweiligen Netzstruktur. Bei einer Sternstruktur ergibt sich kaum ein Unterschied - entweder die Vorinvestition zusätzlicher Leitungen wurde getätigt oder die Erweiterung ist sehr aufwendig.

Bei Linien- oder Ringstruktur kann eine dezentral vermittelnde Lösung mehr Teilnehmer als geplant aufnehmen, der verkehrstheoretische Verlust geht dann entsprechend in die Höhe. Die zentral vermittelnde Lösung in der gleichen Struktur dagegen ist in der verfügbaren Kanalzahl begrenzt; wird diese Zahl durch Teilnehmer bereits ausgenutzt, ist eine Erweiterung nicht mehr ohne größeren Aufwand möglich.

Als allgemeines Unterscheidungskriterium zur Beurteilung der zentralen und der dezentralen Vermittlung ist die Übersichtlichkeit der Systemarchitektur ungeeignet, da die Übersichtlichkeit der verschiedenen zentralen bzw. dezentralen Vermittlungsausführungen zu stark vom Einzelfall abhängig sind.

#### 4. Zusammenfassung

Die dezentrale Vermittlung ist ein Vermittlungsverfahren, welches auf dem Gebiet der local networks (LAN) für Datenverkehr breit genutzt wird.

Die dezentrale Vermittlung ist dadurch gekennzeichnet, daß jede Teilnehmerstation die Vermittlungsfunktion unabhängig von einer Zentrale autonom wahrnimmt.

Die dezentrale Vermittlung ist genau wie die zentrale Vermittlung in Netzstrukturen wie Stern, Linie oder Ring möglich.

Dem Verfahren der dezentralen Vermittlung haftet an, daß Teilnehmer prinzipiell den Datenstrom ihrer Netzebene abhören können und daß durch Teilnehmer oder defekte Komponenten verursachte Störungen eine wesentlich größere Wirktiefe haben können als bei der zentralen Vermittlung in Sternstruktur.

Diese beiden Tatsachen machen die dezentrale Vermittlung ungeeignet für einen allgemeinen Einsatz im öffentlichen Telefonverkehr. Allerdings existieren Ansätze, diese beiden Nachteile für Anwendungen in local area networks zu vermeiden.

Für Breitbanddienste der Datenrate um 70 Mbit/s ist die dezentrale Vermittlung ungeeignet, da für diesen Zweck heute noch keine vom Aufwand her vertretbaren Multiplextechniken existieren.

Der teilnehmerbezogene Aufwand bei dezentraler Vermittlung ist dank der stürmischen Entwicklung der VLSI Schaltkreise unkritisch: Wie das Beispiel des Ethernets zeigt, wird bei genügender Stückzahl die Teilnehmerstation integriert.

Die dezentrale Vermittlung wird nur da einsetzbar sein, wo ihre Nachteile nicht ins Gewicht fallen oder nur stark gemildert auftreten.

Der erste Fall kann beispielsweise bei der Versorgung von Teilnehmern in ländlichen Gebieten auftreten, die durch eine multi-party line versorgt sind. Bei einer Versorgung dieser Teilnehmer mit jeweils eigenen Kanälen über die existierenden Leitungen ist eine Linienstruktur vorgegeben und es wird ein möglichst geringer Bandbreitebedarf angestrebt werden, was in dieser Struktur dann die dezentrale Vermittlung gegenüber der zentralen Vermittlung begünstigt.

Der zweite Fall tritt z.B. in Zwei-Ebenen-Netzen auf. In dieser Organisationsform kann die dezentrale Vermittlung für ein lokales, integriertes Nachrichtennetz gut geeignet sein. Sie ermöglicht dann - auch in einer Kombination mit zentraler Vermittlung - eine sonst nicht mögliche Flexibilität beim Systementwurf.

Zentrale Vermittlung und dezentrale Vermittlung sind nicht krasse Gegensätze, vielmehr scheint sich ein Trend abzuzeichnen, jeweils vorteilhafte Eigenschaften der einen Vermittlungsart in die andere zu übernehmen: So hat die zentrale Vermittlung den Trend zu immer stärkerer Modularisierung - d.h. sie wird in ihrer inneren Struktur immer dezentraler. Die dezentrale Vermittlung dagegen kann z.B. bei einer Verwirklichung in Sternstruktur durch zusätzliche zentrale Einrichtungen die ihr anhaftenden Mängel vollständig beseitigen.

Der Autor dankt seinen Kollegen M.Burmeister, H.W.Kreutzer und F.Schmidt für zahlreiche fruchtbare Diskussionen und Anregungen.

Die diesem Bericht zugrunde liegenden Arbeiten wurden vom Bundesministerium für Forschung und Technologie gefördert. Für den Inhalt ist der Autor allein verantwortlich.

## Literatur

- /1/ W.E.Herold; H.Ohnsorge:  
Optical-Fiber System with Distributed Access  
Proceedings of the IEEE, Vol. 68, No. 10, pp. 1309-1315,  
1980
- /2/ Kommission für den Ausbau des technischen Kommunikations-  
systems KtK  
Telekommunikationsbericht  
Verlag Dr. Hans Heger, Bonn 1976
- /3/ J.Weber:  
Zweckmässigkeit dezentraler Vermittlung  
50 Jahre HHI, Vortragsband, S. 182-196
- /4/ J.R.Pierce:  
Network for Block Switching of Data  
BSTJ vol. 51, No. 6, pp. 1133- , 1972
- /5/ H.Ohnsorge:  
Neue Möglichkeiten für Nachrichtensysteme auf der Basis  
des Laser-Glasfaser-Kanals  
NTZ Report 17, 1973
- /6/ K.D.Schenkel:  
Ein integriertes 300 Mbit/s-Zeitmultiplex-Nachrichten-  
system mit dezentraler Vermittlung  
NTZ 27, Nr. 8, S. 283-291, 1974
- /7/ KtK Breitbandkommunikation  
Anlageband 6 zum Telekommunikationsbericht, S.107
- /8/ KtK Technik und Kosten bestehender und möglicher Tele-  
kommunikationsformen  
Anlageband 2 zum Telekommunikationsbericht, S. 77
- /9/ G.Mrozynski; R.Evers:  
Vergleich von Netzen mit zentraler und dezentraler Ver-  
mittlung  
50 Jahre HHI, Festschrift, S. 41-48
- /10/ W.E.Herold; G.Mrozynski; J.Weber:  
Components, Structure and Operation of Integrated  
Digital Networks Based on an Experimental System  
Proceedings of IEEE 1978, Zürich Seminar, pp. B7/1-6
- /11/ G.Mrozynski; E.Schulze; J.Weber:  
Einfluß der Bitrate auf die Netzgestaltung und Betriebs-  
organisation von Nachrichtennetzen  
NTG Fachberichte Bd. 64, S. 128, 1978

- /12/ C.Baack; G.Heydt:  
Bemerkungen zur Struktur Dienstintegrierter Optischer  
Breitband-Kommunikationssysteme  
in Hartmann: Dienstintegration in künftigen Kommunika-  
tionsnetzen, S. 107-130, 1982
- /13/ G.Mrozynski; J.Weber:  
Ergebnisse der Untersuchung dezentral vermittelnder  
Nachrichtennetze  
26. Int. Wiss. Koll. TH Ilmenau  
Vortragsreihe Nachrichtentechnik, S. 89-92, 1981
- /14/ H.-H. Witte:  
Bus Systems With Optical Waveguides  
Siemens Forsch.-u. Entwicklungsberichte Bd. 7, S. 325-327,  
1978
- /15/ E.G.Rawson; R.M.Metcalf:  
Fibernet: Multimode Optical Fibers For Local Computer  
Networks  
IEEE Trans. on Comm. Vol. COM-26, pp. 983-990, 1978
- /16/ H.W.Kreutzer:  
Interne Studie, unveröffentlicht, Heinrich-Hertz-Institut  
Berlin, 1982
- /17/ Th.Hermes; B.Hoen; H.W.Kreutzer; J.Saniter; F.Schmidt:  
Dezentrale Vermittlung in einem Dienstintegrierten  
Breitbandkommunikationssystem mit Optischer Übertragung  
Kommunikation in Verteilten Systemen - Anwendung und  
Betrieb  
GI/NTG-Fachtagung S. 428-441, Springer Verlag, 1983
- /18/ H.Ballerling; H.Thielmann:  
Digitale Teilnehmerschleife mit dezentraler Vermittlung  
Techn.Mitteilungen TEKADE, S. 36-41, 1978
- /19/ J. Weber:  
Anlage zur Übermittlung von Zeitmultiplexsignalen in  
einem Leitungsnetz in Ringstruktur  
DBP DE 2843 088 C2, 1978
- /20/ J.W.Hughes:  
Broadband Local Network System Supports Multiple  
Communications Applications  
Computer Design, pp. 30-32, 1981
- /21/ R.Evers:  
Breitbandkommunikation mit optischen Kanälen  
BMFT-Forschungsbericht T83-118, 1983



- /22/ H.J.Matt; K.Fußgänger:  
Integrated Broad-Band Communication Using Optical  
Networks - Results of an Experimental Study.  
IEEE Trans. on Communications, Vol. 29, No. 6, pp. 868-  
885, 1981
- /23/ A.Reim; K.D.Schenkel:  
Digitales Kommunikationssystem DIKOS  
NTZ Bd. 34, Nr. 10, S. 658-663, 1981
- /24/ A.Jeschko:  
Silk-System für integrierte lokale Kommunikation  
Hasler Mitteilungen 40. Jahrgang, Nr. 1, 1981
- /25/ J.P.Behr; U.Killat; J.Krüger; D.Riekmann, M.Maisel:  
Concentration Techniques In A Digital Network with  
Decentralized Exchange  
ISS 81 Montreal, Session 41 C, Paper 1, 1981
- /26/ S.Arkat; H.W.Kreutzer; F.Schmidt; G.Teich; J.Weber:  
Teilnehmerstation in einem dienstintegrierten digitalen  
Nachrichtennetz  
NTZ Bd. 32, H. 8, S. 560-565, 1979
- /27/ H.Bünning; H.W.Kreutzer; F.Schmidt:  
Subscriber Stations in Service Integrated Optical Broad-  
Band Communications Systems  
IEEE Trans. on Communications, Vol. 30, No. 9, pp. 2163-  
2171, 1982
- /28/ M.Holz; E.Kremers; P.Marten; P.Russer:  
Optischer Repeater für 280 Mbit/s  
Wiss. Ber. AEG-Telefunken 53 H. 1-2, S. 56-61, 1980
- /29/ J.Burgmeier, J.Gier; H.Trimmel:  
Digitalsignalübertragung mit 560 Mbit/s über Lichtwellen-  
leiter - ein Versuchssystem für das Heinrich-Hertz-Institut  
Telecom Report 4, H. 2, S. 98-103, 1979
- /30/ M.Burmeister; B.Hoen, H.Kliem; G.Teich; J.Weber:  
Line Concentrators for an Experimental Digital Wideband  
Network with Decentralized Switching  
ISS 81 Montreal, Session 42 C, Paper 1, 1981
- /31/ M.Burmeister; H.Donner; H.Kliem; H.W.Kreutzer; F.Schmidt:  
Monitoring Aids In An Experimental Broadband Communica-  
tion System  
Eurocon 82 Copenhagen, Vol. 1, pp. 348-352, 1982
- /32/ /21/, S. 86 - 89



- /33/ M.Burmeister:  
Die Vorfeldeinrichtung im HHI Breitbandkommunikations-  
system  
HHI, Interner Bericht
- /34/ F.Schmidt:  
Vergleich von Teilnehmerstationen in einem digitalen,  
dienstintegrierten Breitbandnetz mit dezentraler Ver-  
mittlung  
HHI, Interner Bericht
- /35/ Th.Hermes; B.Hoen; H.W.Kreutzer; F.Schmidt:  
Bitfehlermessungen in einem dienstintegrierten Breitband-  
system mit optischer Übertragung  
HHI, Interner Bericht
- /36/ J.Weber:  
Anlage für ein Zeitmultiplex-Nachrichtensystem mit einem  
Leitungsnetz in Ringstruktur  
DBP 280428, 1981
- /37/ K.Ito et al.:  
Bidirectional Fibre Optic Loop Structured Network  
Electronic Letters Vol. 17, 2 pp. 84-85, 1981
- /38/ siehe /24/
- /39/ G.Mrozynski; J.Weber:  
Untersuchungen zur dezentralen Vermittlung  
Abschlußbericht zum Forschungsvorhaben NT 655, 1979
- /40/ R.Metcalf; D.Boggs:  
Ethernet: Distributed Packet Switching For Local Computer  
Networks  
Comm. Ass. Comput. Mach. Vol. 19, pp. 395-404, 1976
- /41/ J.Weber; H.W.Kreutzer:  
Schaltungsanordnung für Teilnehmerstationen für ein  
digitales Zeitmultiplex-Nachrichtennetz mit dezentraler  
Vermittlung  
DBP DE 2842250 C2, 1980
- /42/ J.Weber:  
Modular Switching Units Affecting Local Network Archi-  
tektur  
ISSLS'80 Conference report, pp. 98-103
- /43/ C.Baack; E.-J.Bachus; B.Strebel:  
Zukünftige Lichtträgerfrequenztechnik in Glasfasernetzen  
NTZ Bd. 35, H.11, S. 686-689, 1982
- /44/ D.Bursky  
Local Networks - Silicon ousting software in network  
systems  
Electronic Design Sept. 30, 1982, pp. 71-82

- /45/ G.Zuber:  
Untersuchung weitestgehend softwareorientierter Steuerungen in integrierten Nachrichtennetzen  
Diplomarbeit TU Berlin 1979
- /46/ H.W.Kreutzer; Th.Hermes; G.Heydt:  
Lokales Kommunikationssystem mit einem Sternnetz und optischen Kanälen  
Patentanmeldung P33 18483.6 (1983)
- /47/ R.L.Rivest; A.Shamir; L.Adleman:  
A method for Obtaining Digital Signatures and Public Key Cryptosystems  
Comm. Ass. Comput. Mach. Vol. 21, No. 2, pp. 120-126, 1978
- /48/ W.B.Newman:  
Design of an Encrytion System for Projekt UNIVERSE  
Proc. of 6th ICCS, pp. 384-389, 1982
- /49/ D.W.Davies; I.K.Hirst:  
Encipherment and Signature in Teletex  
Proc. of 6th ICCS, pp. 401-406, 1982
- /50/ Data Encryption Standard, FIPS PUB 46,  
US National Bureau of Standards, 1977.
- /51/ K.Nosu; K.Asatani:  
A Design on Two-way Wavelength-Division-Multiplexing Transmission for Fiber Optic Subscriber Loops  
Proceedings of the National Telecommunication Conference  
NTC'80 Paper 34.1 (1980)

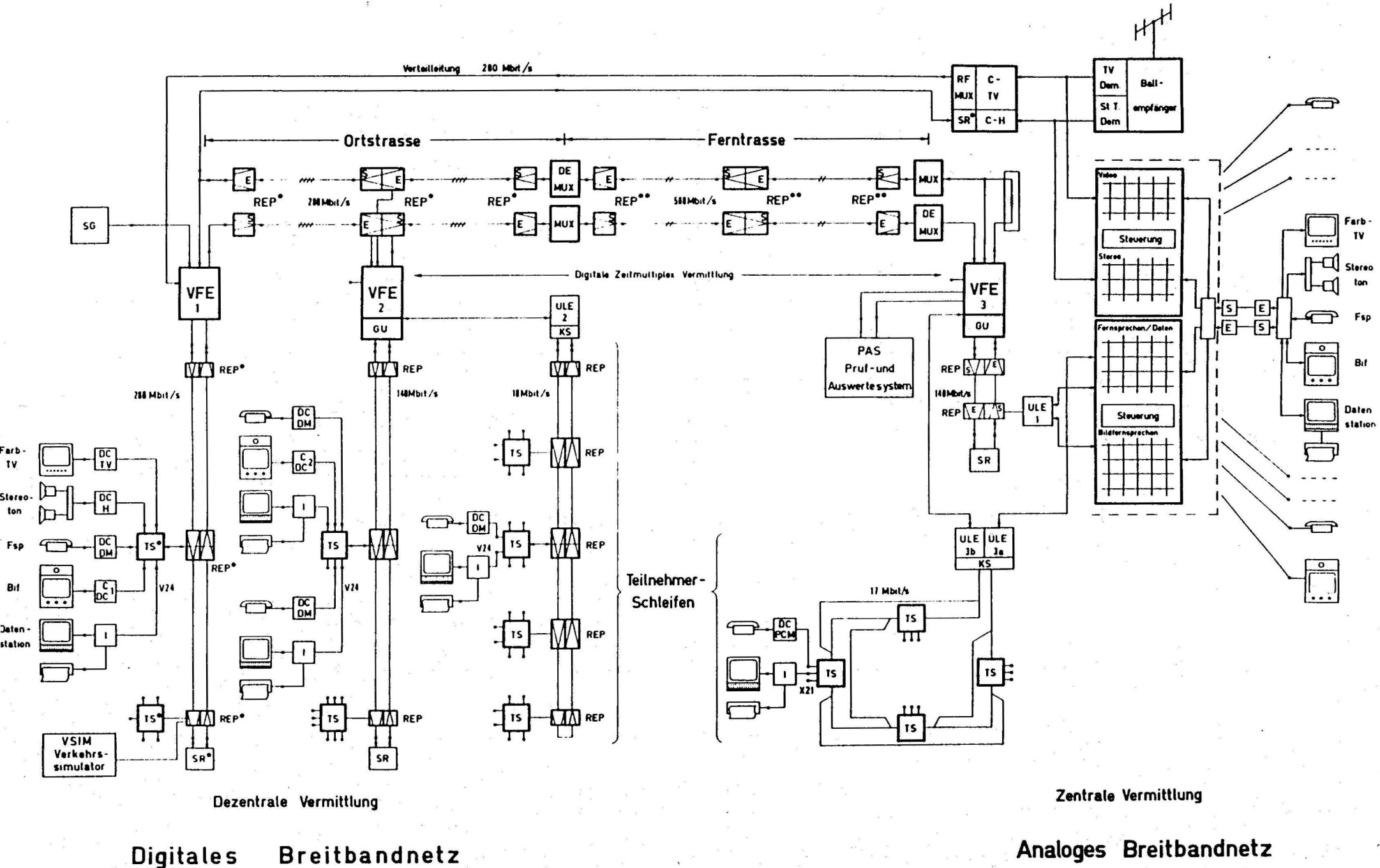


Bild 1: Das Experimentalsystem des HHI

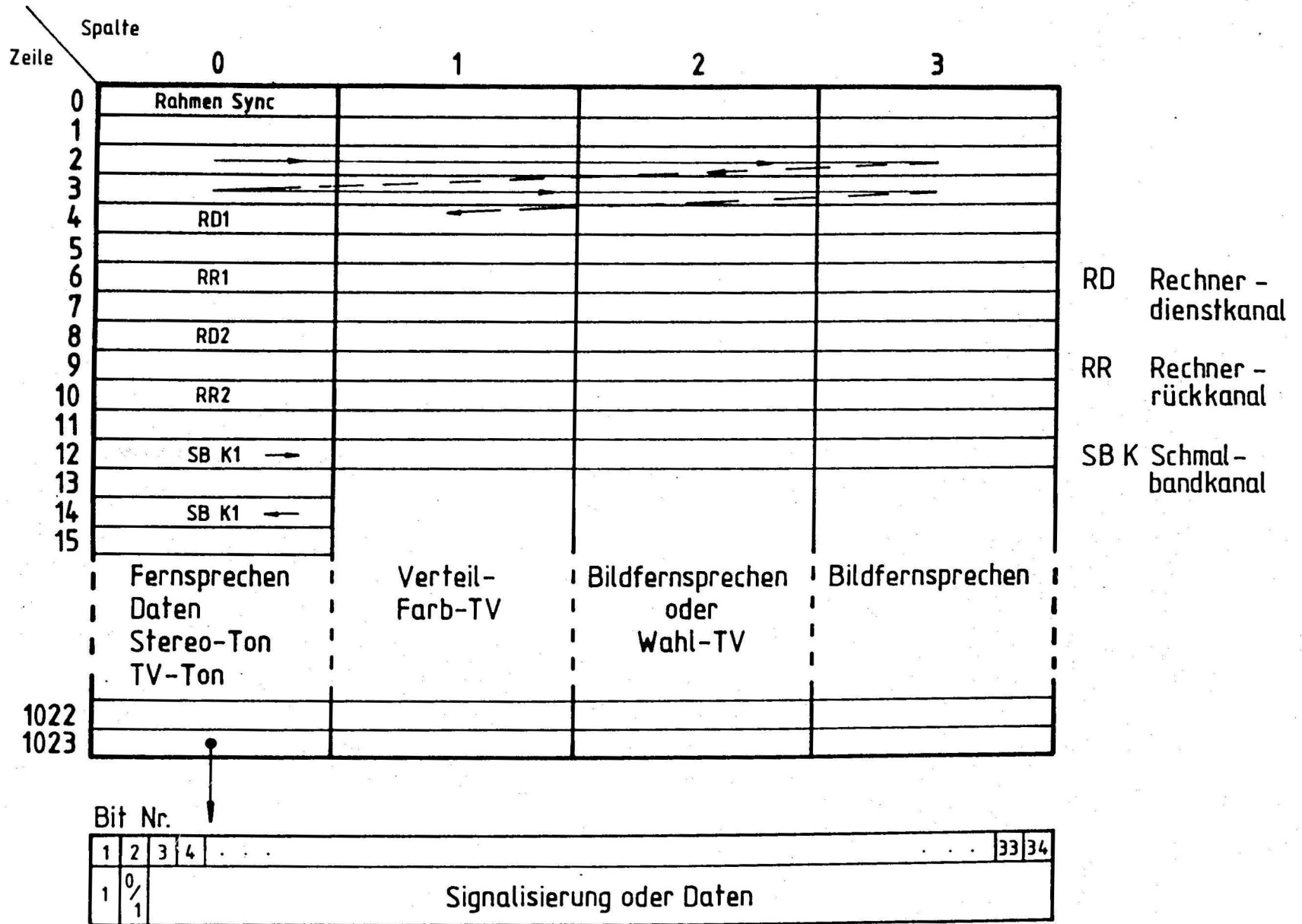
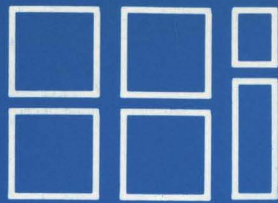


Bild 2 : Zeitmultiplex-Rahmen 280 Mbit/s des HHI Experimentalsystems



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

