

Kommunikations- und Netztechnik II
(Grundlagen der Telefon-Vermittlungstechnik)

Dozent : Dipl.-Ing. Hans Thomas

**Grundfunktionen der
Telefon-Vermittlungstechnik (Teil 1)**

	Seite
1 Vermittlungsprinzipien	2
1.1 Festgeschaltete Verbindungen	2
1.2 Leitungsvermittelte Verbindungen	2
1.3 Speichervermittelte Verbindungen	3
1.4 Verbindungsorientierte und verbindungslose Nachrichtenübermittlung	4
2 Steuerungsprinzipien	
2.1 Systemstrukturen	5
2.2 Direkte / Indirekte Steuerung	6
2.3 Dezentrale / Teilzentrale / Zentrale Steuerung	6
2.4 Elektromechanische / Elektronische Steuerung	7
2.5 Rechnersteuerung	8
3 Koppelanordnungen	9
3.1 Eigenschaften von Koppelanordnungen	9
3.2 Raumvielfach -Koppelanordnungen	12
3.2.1 Wähler	13
3.2.2 Koppelnetze	15
3.3 Zeitvielfach -Koppelanordnungen	16
3.3.1 Zeitstufen	17
3.3.2 Raumstufen	18
3.4 Wegesuche und Einstellung	19
3.5 Koppelnetze für Breitbandsignale	20
4 Funktionssicherheit der Systeme	21
5 Netzmanagement-Systeme	24

Anhang mit 28 Bildern

1 Vermittlungsprinzipien

Um eine Kommunikation zwischen zwei entfernten Partnern zu ermöglichen, gibt es 3 grundsätzlich verschiedene Prinzipien, die Verbindung herzustellen:

Folie 1-1

- **festgeschaltete** Verbindungen (= Standleitung ,
Leased Line)
- **leitungsvermittelte** Verbindungen (= Durchschaltvermittlung ,
Circuit Switching)
- **speichervermittelte** Verbindungen
 - ♦ Pakete **verschiedener** Länge (= Paketvermittlung ,
Packet Switching)
 - ♦ Pakete **gleicher** Länge (= Zellenvermittlung ,
Cell Switching)

1.1 Festgeschaltete Verbindungen

Festgeschaltete Verbindungen (Bild 1-1) sind aufgrund der hohen Kosten nur in besonderen Fällen sinnvoll. Der Kommunikationsbedarf muss sehr hoch sein und ausschließlich zwischen **denselben** Partnern stattfinden (z.B. Zentralrechner einer Firma zu einigen Filialen) oder es müssen ganz besondere Sicherheitsaspekte (z.B. rotes Telefon, Alarmleitungen) vorliegen, damit es sinnvoll ist, solche " *Standleitungen* " bzw. " *Leased Lines* " einzusetzen .

Individualkommunikation sowie Kommunikation mit **wechselnden** Partnern wird dagegen üblicherweise kostengünstiger in **vermittelten Netzen** durchgeführt. Hierbei teilen sich viele Partner das Gesamtnetz. Beim öffentlichen Telefonnetz sind dies heute weltweit über 1,3 Mrd Teilnehmer, von denen jeder mit jedem in Verbindung treten kann.

1.2 Leitungsvermittelte Verbindungen

Im **Telefonnetz** wird eine Verbindung seit eh und je nach dem Grundprinzip der **Durchschaltvermittlung (Bild 1-2)** aufgebaut, d.h. es wird dabei eine **physikalische Verbindung** hergestellt, die während des gesamten Verbindungszustands **exklusiv** nur durch die beiden beteiligten Partner genutzt werden kann und für alle anderen unzugänglich ist. Lediglich die Wählinformationen werden dabei im System ggf. kurz zwischengespeichert und intern verarbeitet, um den **Nutzkanal** mit seinem Nachrichteninhalt richtig vermitteln zu können.

Für dieses Grundprinzip der Leitungsvermittlung ist es dabei unerheblich, ob das Koppelnetz die Verbindungen für **analoge Signale** galvanisch durchschaltet (*frühere Realisierung mit Wählern oder Koppelnetzen*) oder ob für **digitale Signale** Zeitschlitze regelmäßig durchschaltet werden (*heutige Realisierung mit digitalen Zeitvielfach-Koppelnetzen*). Es bleibt stets die **Exklusivität der Leitung** zwischen den beiden miteinander verbundenen Endgeräten.

Innerhalb der technischen Möglichkeiten (Bandbreite oder Bitrate) ist die Nutzung dabei völlig **transparent** und freigestellt (z.B. Sprache, Musik, Daten, Fax, Stand-

bilder); die Verbindungspreise richten sich wegen der exklusiven Bereitstellung der Leitung ausschließlich nach der **Zeitdauer** und der **Entfernung** der durchgeschalteten Verbindung. Bei längeren Übertragungspausen lohnt es sich daher stets, eine nicht benutzte Verbindung abzubauen (auslösen) und später bei Bedarf wieder neu aufzubauen.

1.3 Speichervermittelte Verbindungen

Mit dem Aufkommen der Datenübertragung, bei der bereits **digital vorliegende Informationen** direkt zwischen Rechnern ausgetauscht werden, wurden gegenüber einer Telefonverbindung andere und neue Anforderungen gestellt, die sinnvollerweise in separaten, **digitalen Datennetzen** verwirklicht wurden.

Zur besseren Nutzung der Netzressourcen wurde hier als neues Prinzip die **Speichervermittlung (Bild 1-3)** eingesetzt. Die Gesamtnachricht wird dabei bereits von der Endstelle **in Pakete aufgeteilt (Paketvermittlung)**.

Jedes Paket erhält einen standardisierten Rahmen, in dem insbesondere die **Zieladresse** und ggf. eine **Paketnummer** stehen. Die einzelnen Datenpakete können dabei unterschiedliche Länge haben (*z.B. beim Standard X.25 oder Frame Relay oder Internet Protocol*). Sofern die Pakete aber eine feste Länge haben, spricht man präziser von **Zellenvermittlung**.

Bei der Speichervermittlung werden die einzelnen Pakete der Nachricht grundsätzlich in jeder Vermittlungsstelle **zwischengespeichert** und können dann nach bestimmten Regeln zum Ziel gelenkt werden (festes, voreingestelltes Routing oder spontane Verteilung ins weiterführende Netz). Es werden dabei nur entsprechend dem **tatsächlichen Bedarf** Datenpakete übertragen und nur diese Datenmengen, die auch Netzressourcen verbrauchen, werden tarifiert. Aus diesem Grunde ist es auch möglich, solche Dienste ununterbrochen am Netz angeschaltet zu lassen, also " Always On " zu sein.

Da zwischen den Partnern **keine dauernde physikalische Verbindung** mehr besteht, können die Verbindungsleitungen, aber auch die Anschlussleitungen, besser ausgenutzt werden, indem **mehrere logische Verbindungen** quasi zur selben Zeit (*siehe Anschlussleitung beim Teilnehmer C in Bild 1-3*) auf nur einer physikalischen Leitung bestehen können. Man spricht bei diesen Verfahren deshalb auch von **virtuellen Verbindungen**, da die physikalische Leitung **nicht mehr exklusiv** von nur 1 Teilnehmer bzw. 1 Verbindung genutzt wird.

Auch im eigentlich leitungsvermittelten Telefonnetz gibt es heute aber bereits Teilelemente, die sich des Prinzips der Paketvermittlung bedienen. So wendet die Zeichengabe zu ISDN-Teilnehmern (D-Kanal-Protokoll) sowie die gesamte Zeichengabe zwischen den digitalen Vermittlungsstellen (Nr.7-Protokoll) eine paketorientierte Technik an.

Mit dem Boom beim **Internet** und der starken Zunahme von Virtuellen Privaten Netzen (**VPN = Virtual Private Network**) sowie dem Anwachsen von breitbandigen, **multimedialen Anwendungen**, hat die **paketvermittelte** Übertragungstechnik mengenmäßig die bisher übliche leitungsvermittelte Technik bereits um Größenordnungen übertroffen. Das hier in großem Umfang eingesetzte **Internet Protokoll (IP)**

weist für real-time-Anwendungen heute zwar noch eine geringe Qualität auf. Bei entsprechenden Protokollverbesserungen oder speziell designten Netzstrukturen außerhalb des heute bekannten Internets wird das IP-Protokoll zukünftig aber auch Telefonverbindungen in guter Qualität herstellen können. Die zahlreichen Versuche und Anwendungen von **VoIP (Voice over IP)** zeigen hier den zukünftigen Trend auf, eine **Konvergenz** aller Dienste auf einer einzigen Netzplattform zu erreichen.

1.4 Verbindungsorientierte und verbindungslose Nachrichtenübermittlung

Bei vermittelten Netzen erfolgte **bisher** die Nachrichtenübermittlung üblicherweise **verbindungsorientiert**, d.h. es werden zusätzlich zur gewünschten Nachrichtenübertragung auch noch Steuerinformationen im Netz ausgetauscht, so dass man für solche Verbindungen stets **3 Phasen** unterscheiden kann:

Folie 1-2

- **Verbindungsaufbau**
 - * Zieladresse austauschen
 - * Kommunikationsbereitschaft signalisieren
 - * Verbindung herstellen
- **Nachrichtenübertragung**
 - * transparenter oder genormter Nachrichtenaustausch
- **Verbindungsabbau**
 - * Freigabe aller Einrichtungen

Für den besonderen Fall von festgeschalteten Verbindungen kann auf alle Steuerinformationen im Rahmen des Verbindungsaufbaues und -abbaues verzichtet werden, da das Ziel eindeutig bekannt ist. Von den 3 Phasen wird dann nur die reine Nachrichtenübertragung genutzt.

Folie 1-3

Ebenso sind die 3 Phasen bei den meisten neuen, paketerorientierten Anwendungen oder bei Bussystem nicht mehr existent. So werden z.B. bei einem Local Area Network (LAN) die Nachrichten **verbindungslos** spontan abgesendet, da in **jedem Datenpaket** bereits zusätzlich die **Zieladresse** mit angegeben ist. Es müssen dann jedoch entsprechende Mechanismen in der Prozedur implementiert sein, um Kollisionen im Netz zu verhindern und zu gewährleisten, dass nur die berechnete Adresse die Nachricht aufnimmt.

Durch die verstärkte Nutzung der Möglichkeiten bei der **Zentralisierung der Zeichengabe** zwischen den neuen, rechnergesteuerten, digitalen Vermittlungssystemen (DIV = *Digitales Vermittlungssystem*) werden heute jedoch **auch Steuernachrichten** zwischen den Steuerrechnern nur noch **verbindungslos** ausgetauscht. Hierdurch werden beispielsweise neue, komfortable Mehrwertdienste im Rahmen des **Intelligenten Netzes** oder ein verbessertes **Netzmanagement** realisiert. Ebenso werden in dieser Form die **Roaming-Funktionen** der Mobilfunknetze zwischen den Rechnern ausgetauscht, ohne dass eine konkrete Nutzkanal-Verbindung besteht.

2 Steuerungsprinzipien

2.1 Systemstrukturen

Um die Hauptaufgabe der Vermittlungstechnik zu erfüllen, müssen Telefonkanäle gezielt miteinander verbunden werden, um auf ihnen dann die individuellen Nutzschnale auszutauschen. Um diesen Prozess vollautomatisch ablaufen lassen zu können, bedarf es einer komplexen Steuerung der daran beteiligten Einrichtungen. Im Allgemeinen sind die notwendigen Aufgaben auf **drei funktionale Ebenen** aufgeteilt

Folie 2-0

- **periphere Einrichtungen** die während einer Verbindung **ständig benötigt** werden
(z.B. *Koppelanordnung, Leitungssätze*)
- **teilzentrale Einrichtungen** die für eine Verbindung **nur in bestimmten Phasen** benötigt werden oder eine **Vorverarbeitung** durchführen
(z.B. *Register, Gruppenprozessoren, Signaltöne, Prüfeinrichtungen*)
- **zentrale Einrichtungen** die für eine Verbindung die **zentralisierten Steuerungsaufgaben** übernehmen
(z.B. *Verkehrslenkung (Routing), Tarifierung*)

Bei den verschiedenen realisierten Telefonvermittlungssystemen sind die einzelnen vermittlungstechnischen Funktionen in sehr unterschiedlicher Weise auf die Einrichtungen der genannten 3 Ebenen verteilt. Dies hängt hauptsächlich von der genutzten Technologie (elektromechanisch, elektronisch, rechnergesteuert) ab.

Um Kosten einzusparen und komplexere Funktionen zu erfüllen, ging dabei der Trend über viele Jahre hin zu mehr **Zentralisierung**. Erst mit dem Einsatz leistungsfähiger Mikroprozessoren und neuerdings von Servern wendete sich der Trend wieder zu einer stärkeren **Dezentralisierung**. Da Steuerungsvorgänge unabhängig davon, ob sie mit Relais, mit elektronischen Bauteilen oder mit Prozessrechnern realisiert werden, zumeist in "digitaler" Form ablaufen, kennzeichnen bei exakter technischer Definition die beiden großen Systemeinteilungen

Folie 2-1

- **analoge** Vermittlungstechnik
- **digitale** Vermittlungstechnik

ausschließlich die Art, wie die **Durchschaltung der Nutzkanäle** erfolgt. Häufig werden die Begriffe jedoch auch synonym für alte, konventionelle Systeme bzw. für neue, moderne, rechnergesteuerte Systeme benutzt. Im englischen Sprachraum wird auch häufig für die alte, analoge Technik und den einfachen, simplen Telefondienst der Begriff **POTS** (= *Plain Old Telephony Service*) verwandt.

Die historisch gewachsenen Begriffe der im folgenden näher erläuterten Steuerungsarten beziehen sich darauf, wie innerhalb des Systems die wesentlichen Funktionen, und dabei insbesondere die Einstellung der Koppelanordnungen zur Durchschaltung der Nutzkanäle, gesteuert werden. Je nach Betrachtungsweise kann man die **verschiedenen Steuerungsarten** nach unterschiedlichen Merkmalen unterscheiden, wie z.B.:

- direkte / indirekte Steuerung
- dezentrale / teilzentrale / zentrale Steuerung
- elektromechanische / elektronische Steuerung
- Rechnersteuerung

Die **Leistungsfähigkeit** der Steuerung eines Vermittlungssystems wird durch den maximal möglichen **BHCA-Wert** (*Busy Hour Call Attempt = Belegungsversuche in der Hauptverkehrsstunde*) angegeben. Dieser Wert bestimmt auch die maximal anschließbaren Leitungen oder Teilnehmeranschlüsse an ein System, sofern dieser Wert nicht durch konstruktive Vorgaben der Koppelanordnung auf andere Werte begrenzt wird.

2.2 Direkte / Indirekte Steuerung

Von **direkter Steuerung** spricht man, wenn die Koppelanordnung synchron und unmittelbar mit dem **Ablauf des Nummernschalters des Telefonapparates** eingestellt wird (**Bild 2-2**). Beispiele hierfür sind die verschiedenen Typen von Gruppenwählern (GW) der früheren analogen Systeme.

Wegen ihrer Einfachheit waren die ersten Vermittlungssysteme alle direkt gesteuert. Bei jedem Einstellvorgang wird an jedem wähler jeweils nur **1 Ziffer verarbeitet** und die Verbindung dadurch **schritt haltend**, und nur vom A-Teilnehmer gesteuert, **aufgebaut**. Es kann jedoch stets nur ein vorbestimmter Weg erreicht werden, so dass eine leistungsfähige Verkehrslenkung innerhalb des Netzes bei diesen Systemen nicht möglich ist.

Von **indirekter Steuerung** spricht man, wenn die vom Teilnehmer eingegebene Wählinformation nicht direkt zur Einstellung der Koppelanordnung benutzt wird, sondern zunächst einmal die **Wählziffern zwischengespeichert** werden (**Bild 2-3**). Die Einstellung der Koppelanordnung erfolgt erst nachdem die Wählinformation (*häufig nur die ersten 3 bis 4 Ziffern*) logisch **ausgewertet** worden ist. Dabei können zugleich der optimale **Leitweg** über Querwege und zusätzlich die **Gebührenaussage** festgelegt werden, was insbesondere im Fernnetz sinnvoll ist.

Indirekt gesteuerte Vermittlungssysteme sind komplizierter, erlauben jedoch eine wirtschaftlichere Ausnutzung des Leitungsnetzes. Die in der nächsten Vermittlungsstelle noch benötigten Ziffern werden entsprechend weitergesendet. Mit den jeweiligen technischen und technologischen Möglichkeiten entwickelte man seit Anfang 1960 nur noch indirekt gesteuerte Vermittlungssysteme.

2.3 Dezentrale / Teilzentrale / Zentrale Steuerung

Von **dezentraler Steuerung** wird gesprochen, wenn jedem Wähler oder einer Funktionseinheit eine eigene Steuerung fest zugeordnet (**Bild 2-4**) ist. Dies wurde besonders in den früheren, direkt gesteuerten Vermittlungssystemen angewendet. Unterschiedliche Funktionen an Wählern ergeben sich dabei lediglich durch abgeänderte Steuerungen, während der mechanische Aufbau die Wähler an sich unverändert bleibt. Bei direkt gesteuerten Systemen sind die Steuerfunktionen relativ einfach (nur

einige Relais) und können deshalb jedem Wählern dezentral zugeordnet werden, obwohl sie nur kurz während des Verbindungsauf- und -abbaues benutzt werden. Vorteilhaft ist die **geringe Störwirkbreite** bei einem Fehler in einem solchen Steuerungsteil. Auf Ersatzschaltmöglichkeiten wird daher verzichtet. Auch moderne, indirekt gesteuerte Vermittlungssysteme können heute "dezentral" gesteuert werden, indem die notwendigen Funktionen auf verschiedene Steuerungen (**Distributed Control**) aufgeteilt werden.

Von einer **teilzentralen Steuerung** wird dann gesprochen, wenn ein Teil der Steuerung zentralisiert ist (**Bild 2-5**). Dies ist besonders vorteilhaft für solche Funktionen, die nur während des Verbindungsaufbaues (Verkehrslenkung, Gebührenfestlegung) zu erfüllen sind und in vielen Systemen in sogenannten **Registern** abgearbeitet werden. Sobald die gesamte Verbindung fertig aufgebaut ist, können solche Register freigeschaltet werden, um wieder für andere Verbindungen zur Verfügung zu stehen. Ein Konzentrationsfaktor zwischen der Zahl der Leitungen und der Zahl der benötigten Register von **5:1** ist dabei üblich.

Von **zentraler Steuerung** eines Vermittlungssystems wird gesprochen, wenn alle Steuervorgänge von einer zentral angeordneten Steuerung übernommen werden (**Bild 2-6**). Bei indirekt gesteuerten Systemen ist der Funktionsablauf sehr komplex. Die Steuerung wird aufwendiger und muss zur optimalen Auslastung zentralisiert werden. Bei auftretenden Fehlern kann jedoch die **Störwirkbreite** sehr groß sein und die gesamte Vermittlungsstelle außer Funktion treten. Der **Betriebssicherheit** muss hier durch Doppelung der Zentralsteuerung und der internen Leitungssysteme sowie automatischer Ersatzschaltungen besonders Rechnung getragen werden. Bei zentralgesteuerten Systemen können bestimmte Daten (z.B. Gebührenstände, Verkehrsmessergebnisse, Zustandsinformationen) sehr leicht gesammelt und bei Bedarf von übergeordneten Rechnern über Datenleitungen abgerufen werden. Ebenso lassen sich alle aktuellen Betriebsdaten in Management Zentren zentral bearbeiten und ermöglichen somit einen **ferngesteuerten Betrieb**.

2.4 Elektromechanische / Elektronische Steuerung

Folie 2-3

Von **elektromechanischer Steuerung** spricht man, wenn alle Steuervorgänge durch mechanische Einrichtungen wie **Relais, Wähler** oder **Koordinatenschalter** ausgeführt werden. Diese Steuerungsart findet man bei allen konventionellen Vermittlungssystemen. Elektromechanische Steuerungen arbeiten relativ einfach, jedoch auch langsam. Der Funktionsablauf ist durch die Verdrahtung vorgegeben (**verdrahtete Logik**). Solche elektromechanischen Steuerungen können nur in begrenztem Umfang zentralisiert werden.

Elektronische Steuerungen arbeiten insbesondere mit Halbleiterbauelementen, wie Transistoren oder integrierten Schaltkreisen (IC, LSI, CMOS-Bausteine usw.). Derartige Steuerungen sind relativ komplex, aber auch schnell und deswegen gut zentralisierbar. Auch hier ist der Funktionsablauf durch die Verdrahtung bzw. die gedruckte Schaltung fest und nahezu unveränderlich vorgegeben.

2.5 Rechnersteuerung

Im Gegensatz zu den bisher beschriebenen Steuerungen liegt bei Rechnersteuerungen die Logik nicht in der Art der Verdrahtung, sondern ist als **gespeicherte Logik** (**SPC** = *Stored Program Control*) realisiert. Der gesamte Steuerungsablauf ist in Form von **Programmen** im Speicher des Rechners abgelegt. Im Rahmen des verfügbaren Speicherplatzes können diese Programme im Prinzip beliebig gestaltet und auch nachträglich verändert werden, ohne die Hardware-Schaltung ändern zu müssen. Alle Betriebszustände sind im Speicherabbild des Rechners vorhanden und ermöglichen eine deutlich verbesserte und vereinfachte **Bedienung der Systeme** sowie durch die Speichermöglichkeiten die nachträgliche **Analyse** von Systemzuständen.

Die hohe Leistungsfähigkeit digitaler Steuerrechner wird durch einen hohen Grad an Komplexität der Hard- und Software erkauft. Der von elektromechanischen Systemen gewohnte unterbrechungsfreie 24-Stunden-Dauerbetrieb ist mit **Einzelrechnern** nicht darstellbar. Hier an zentraler Stelle auftretende Fehler können zu einer sehr großen **Fehlerwirkbreite** führen. Die in der Telefontechnik geforderte hohe Verfügbarkeit ist nur durch besondere Maßnahmen, wie z.B. eine interne Doppelung der Steuerrechner, erreichbar. Im Regelbetrieb arbeiten dann beide Rechner in bitsynchronem Parallelbetrieb (*ständiger Vergleich*) oder sie teilen sich die Aufgaben (*load sharing*). Im Störfalle kann einer der Rechner alle Aufgaben übernehmen und alleine den Betrieb sicherstellen.

Wegen des hohen technischen Aufwandes waren Rechnersteuerungen am Anfang der Entwicklung nur in Form **zentraler Rechnersteuerungen** wirtschaftlich zu realisieren (**Bild 2-7**). Die relativ langsamen peripheren Einrichtungen mussten dabei über Anpassungsschaltungen (Pegel, Geschwindigkeit) alle mit der Zentralsteuerung verbunden werden. Dies erforderte aufwendige, interne Datenleitungssysteme, die aus Sicherheitsgründen teilweise noch ersatzschaltbar sein mussten.

Mit dem Einsatz von Mikroprozessoren besteht seit den 80er Jahren die Möglichkeit, die starke Zentralisierung aufzuheben und in der peripheren Ebene größere Modulinheiten mit eigenständigen Gruppensteuerung zu installieren. Die Aufgabenverteilung zwischen den Gruppensteuerungen und der Zentralsteuerung könnte dabei so gestaltet werden, dass z.B.

- die **Gruppensteuerungen**
leitungs- bzw. bündelindividuelle Steuerfunktionen
- die **Zentralsteuerung**
zentrale Funktionen wie Ziffernauswertung, Verkehrslenkung, Verzonung, Verkehrsdatenerfassung, Verbindungssteuerung über 2 Module hinweg

übernehmen. Man kommt damit zu einer wirtschaftlichen Realisierung durch **Mehr-Rechner Steuerungen (Bild 2-8)** in Form von teilzentralen Steuerungen. Bei den neuen digitalen Vermittlungssystemen (**DIV**) wird darüber hinaus auch noch auf die separaten internen Datenleitungen verzichtet; stattdessen werden beim System EWSD der Firma Siemens vorbestimmte 64 kbit/s-Kanäle durch das Koppelnetz als Datenleitung zwischen der Zentral-Steuerung und den Gruppen-Steuerungen verwendet.

In konsequenter Fortführung des Dezentralisierungsgedankens besteht auch die Möglichkeit, die zentralen Funktionen der Zentralsteuerung auf viele Mikroprozessoren zu übernehmen. Man spricht dann von einem Vermittlungssystem mit **verteilter Steuerung (Bild 2-9)**. Mit jeder Erweiterung des Vermittlungssystems kann die Zahl der notwendigen Zentralsteuerungen auf das notwendige Maß erhöht werden. Die Vorleistungen bei kleinen Ausbaustufen können auf ein Minimum reduziert werden. In dem digitalen Telefonvermittlungssystem S 12 macht die Firma Alcatel / SEL hiervon Gebrauch. Auch hier wird zur Verbindung zwischen den verschiedenen Gruppen-Steuerungen (GST) und Zentral-Steuerungen (ZST) kein eigenes Leitungssystem verwendet; vielmehr ist jede Steuerung in der Lage, zur internen Datenübertragung kurzzeitig einen 64 kbit/s-Kanal des Koppelnetzes hierfür zu benutzen.

3 Koppelanordnungen

Die Koppelanordnungen für die Nutzkanäle sind das wesentliche Herzstück jedes Vermittlungssystems, denn die **individuelle Zusammenschaltung** von Nutzkanälen ist die hauptsächliche Aufgabe eines solchen Systems. Koppelanordnungen erfüllen nämlich im Wesentlichen zwei Aufgaben:

- **Verbinden** einer ankommenden mit einer abgehenden Leitung
- **Verbinden** der Leitung während des Verbindungsaufbaues mit zentral angeordneten Einrichtungen oder mit Hilfseinrichtungen (z.B. Registern, Prüfeinrichtungen, Takte und Töne)

Folie 3-0

Im Laufe der Zeit wurden eine ganze Reihe verschiedenartiger Koppelanordnungen entwickelt. Man unterscheidet in der Hauptsache zwischen sogenannten

- **Raumvielfach-** Koppelanordnungen (= Verbindung **galvanisch**,
vor allem für analoge Signale)
- **Zeitvielfach-** Koppelanordnungen (= Verbindung von **Zeitschlitten**,
nur geeignet für digitale Signale)

Folie 3-1

Diese beiden Grundtypen sind eng gekoppelt mit der jeweils üblicherweise angewandten Systemsteuerung und dem Übertragungsverfahren.

3.1 Eigenschaften von Koppelanordnungen

Bevor auf die verschiedenen konstruktiven Lösungen eingegangen wird, sollen einige Grundbegriffe erläutert werden, mit denen die Eigenschaften einer Koppelanordnung beschrieben werden. Diese Begriffe aus dem Bereich der Verkehrstheorie werden vorrangig bei der Beschreibung komplexer Netze verwandt; die Koppelanordnungen sind aber ebenfalls Netze im Kleinen, bei denen die Zubringerleitungen nach bestimmten Regeln die gewünschten Abnehmerleitungen erreichen sollen (**Bild 3-1**). Zu den wichtigsten Begriffen zählen

- **Verkehrswert** (in Erlang angegeben)
- **Verkehrsrichtung** (gehend - kommend - wechselseitig)
- **Verkehrsverhalten** (Verteilung - Konzentration - Expansion)
- **Erreichbarkeit k** (voll - begrenzt)
- **Blockierung** (innere - äußere)

Die Leistungsfähigkeit einer Koppelanordnung oder eines Bündels von Leitungen wird durch den **Verkehrswert** angegeben. Der Verkehrswert ist gleich der mittleren Gesamtbelegungsdauer je Zeiteinheit. Er ist daher ohne physikalische Dimension; er wird jedoch in **Erlang** (Erl) ausgedrückt. Eine dauernd benutzte Leitung hat damit einen Verkehrswert von 1 Erlang.

Die Angabe der **Verkehrsrichtung** einer Leitung bezieht sich grundsätzlich auf die **Richtung des Verbindungsaufbaues**. Selbstverständlich kann man immer in beiden Richtungen sprechen, da im Telefonnetz stets eine duplexfähige Verbindung hergestellt wird. Man unterscheidet zwischen

- **gerichtetem** Verkehr (gehend oder kommend)
- **wechselseitigem** Verkehr

Typisch für **gerichteten Verkehr** sind die Anordnungen mit Wählern. Auf der Eingangsseite (Zubringer) solcher Anordnungen können, bedingt durch die Bauart, **nur** kommend betriebene Leitungen angeschlossen werden. Auf der Ausgangsseite (Abnehmer) einer solchen Anordnung können **nur** gehend betriebene Leitungen angeschlossen werden.

Wechselseitiger Verkehr ist zum Beispiel seit jeher auf den **Anschlussleitungen** zum Teilnehmer vorhanden. Beim Anschluss derartiger wechselseitig betriebener Leitungen an Koppelanordnungen für gerichteten Betrieb ist es erforderlich, die Anschlussleitungen z.B. bei der früheren EMD-Technik an **2** Einrichtungen innerhalb der Ortsvermittlungsstelle anzuschließen (*für die gehende Richtung am Anrufsucher / 1.Gruppenwähler und für die kommende Richtung am Leitungswähler*). Die beiden Teileinrichtungen müssen sich dabei gegenseitig sperren können, um gleichzeitige Doppelbelegungen aus beiden Richtungen zu verhindern (*z.B. mit R- und T-Relais*). Moderne Vermittlungssysteme mit Koppelnetzen besitzen üblicherweise jedoch eine Umkehrgruppierung, so dass auch Anschlussleitungen nur noch an **1** Koppelnetzeingang angeschlossen werden müssen und trotzdem wechselseitig, also aus beiden Richtungen, belegt werden können. Die Kontrolle hierfür übernimmt in diesen Systemen die Software der Vermittlungsstelle.

Verbindungsleitungen zwischen Vermittlungsstellen sind vom Grundsatz her zwar wechselseitig betreibbar; dies erfordert jedoch ein sehr aufwendiges Steuerungsverfahren, um die Situation bei gleichzeitigem Zugriff von beiden Seiten zu beherrschen. Für Verbindungsleitungen ist dies erst mit dem neuen, leistungsfähigen Zeichengabesystem Nr.7 sinnvoll zu realisieren. Mit dem alten Impulszeichen-Verfahren (IKZ 50) war dies nicht handhabbar.

Durch die passende Wahl des Verhältnisses zwischen der Anzahl der Zubringerleitungen **m** zu den Abnehmerleitungen **n** kann das **Verkehrsverhalten** einer Koppelanordnung sowie auch Teilen von Koppelanordnungen so ausgelegt werden, dass eine

- Verkehrs **konzentration** $m > n$
- Verkehrs **verteilung** $m = n$
- Verkehrs **expansion** $m < n$

bewirkt wird. Diese zusätzliche Gestaltungsmöglichkeit nennt man auch die **Gruppierung** einer Koppelanordnung.

In Fern- und Durchgangs-VSt wird der ankommende Verkehr lediglich auf andere Richtungen verteilt. Hier wird üblicherweise der Wert $m = n$ gewählt.

Immer dann, wenn aber viele Einrichtungen nur kurzfristig oder selten auf einige wenige Einrichtungen zugreifen müssen (z.B. *A-Teilnehmer in OVSt auf ihren 1.GW, Fernleitungen auf Register*), wird eine Koppelanordnung mit $m \gg n$ als Konzentrationsstufe eingesetzt.

Die theoretische Anzahl, wie viele Abnehmerleitungen n von 1 Zubringerleitung erreicht werden können, wird als **Erreichbarkeit k** bezeichnet.

Bei allen Betrachtungen zur Erreichbarkeit muss man dabei unterscheiden zwischen der Erreichbarkeit im

- **statischen** Zustand (Ruhezustand ohne Verkehr)
- **dynamischen** Zustand (einige Leitungen bereits durch Verkehr belegt)

Gerade im dynamischen Zustand kann sich die Erreichbarkeit je nach aktueller Belegung für die **noch freien** Leitungen (*eine äußere Blockierung durch bereits belegte Leitungen am Eingang / Ausgang wird hierbei **nicht** betrachtet*) verringern.

Insgesamt können folgende Werte erreicht werden

- **volle** Erreichbarkeit $k = n$
- **begrenzte** Erreichbarkeit $k < n$
- äquivalente (effektive) Erreichbarkeit k_{eff}

Von **voller Erreichbarkeit** spricht man, wenn **jede freie** Leitung eines gehenden Bündels von **jedem freien** Eingang der Koppelanordnung aus erreicht werden kann. Dies ist z.B. in einstufigen Koppelnetzen stets der Fall.

Bei mehrstufigen Koppelnetzen besteht diese volle Erreichbarkeit im statischen Ruhezustand üblicherweise ebenfalls. Jedoch reduziert sich bei stärkerer Verkehrsbelastung am Eingang (dynamischer Zustand) diese Erreichbarkeit wegen eventueller **innerer Blockierungen**. Obwohl es von jedem Eingang zu jedem Ausgang physikalisch zwar einen Verbindungsweg gibt, kann der notwendige interne Verbindungsweg zwischen den Koppelstufen teilweise durch andere Verbindungen, die gerade gleichzeitig durch das Koppelnetz hindurch aufgebaut sind, **blockiert** sein (*vergleiche Bild 3-2*). Für ein solches Koppelnetz besteht im dynamischen Zustand dann nur noch eine **begrenzte Erreichbarkeit**.

Um diese Begrenzung wertmäßig zu erfassen, kann man für eine solche Koppelanordnung stattdessen eine **äquivalente Erreichbarkeit** angegeben werden, die der Erreichbarkeit bei einer unterstellten einstufigen Koppelnetzanordnung entsprechen würde.

Wenn eine Koppelanordnung bereits **Bauart bedingt** (*und nicht auf Grund der gewählten Verlinkung zwischen den Stufen*) nicht alle freien Abgangsleitungen eines Bündels ansteuern kann, liegt ebenfalls eine **begrenzter Erreichbarkeit** vor. Als Beispiel sei hier auf die Gruppenwähler hingewiesen, die aus konstruktiven Gründen je

Gruppenschritt **nur** 10 Leitungen ($k = 10$) ansteuern können, auch wenn das abgehende Bündel insgesamt über mehr als 10 Leitungen verfügt. Durch sogenannte **Mischung** in der Ausgangsbeschaltung der Wähler kann man hier eine gewisse Verbesserung erreichen.

In **Bild 3-2** ist ein zweistufiges Koppelnetz schematisch dargestellt. Dieses Koppelnetz verfügt über insgesamt 6 Eingänge und 6 Ausgänge und besitzt **im statischen Zustand** (*Ruhezustand ohne Leitungsbelegung*) eine **volle Erreichbarkeit**.

Wenn aber beispielsweise bereits 2 Verbindungen zwischen E1/A1 und E6/A2 aufgebaut sind, besteht **im dynamischen Zustand** für die restlichen 4 freien Eingänge lediglich noch eine **begrenzte Erreichbarkeit**. Denn der eigentlich noch freie Ausgang A3 ist von keinem der noch freien Eingänge mehr erreichbar.

Diese **innere Blockierung** der Koppelanordnung kann jedoch genügend klein gehalten werden, wenn durch eine entsprechende Gruppierung des Koppelnetzes die Anzahl der Zwischenleitung reichlich bemessen ist. Eine Erhöhung der Anzahl der Zwischenleitungen bedeutet jedoch auch eine Erhöhung der notwendigen Anzahl der Koppelpunkte. Hier muss ein Kompromiss zwischen dem Aufwand an Koppelpunkten und dem Wert für die innere Blockierung gefunden werden.

Man kann den Effekt der inneren Blockierung auch noch dadurch weiter reduzieren, dass man die Wegesuche durch das Koppelnetz mehrfach kurz nacheinander durchführt, da sich der Belegzustand der Zwischenleitungen in großen Koppelanordnungen laufend ändert. Dies geht insbesondere dann einfach, wenn die Wegesuche durch eine Rechnersteuerung vorgenommen wird.

3.2 Raumvielfach-Koppelanordnung

Die älteste Art von Raumvielfach-Koppelanordnungen waren die sogenannten "Fernschränke", bei denen mit Hilfe von steckbaren Schnüren ein Eingang mit dem gewünschten Ausgang manuell verbunden wurde.

Raumvielfach bedeutet dabei, dass über ein System von Vielfachleitungen, **räumlich voneinander getrennt**, verschiedene Verbindungen gleichzeitig hergestellt sein können. Die Verbindungswege innerhalb der Koppelanordnung sind dabei während einer Verbindung **dauernd (galvanisch) durchgeschaltet**.

Das am Eingang anliegende Signal kann somit die Raumvielfach-Koppelanordnung **unbeeinflusst** durchlaufen. Diese Anordnung eignet sich deshalb vom Prinzip her sowohl für die Vermittlung analoger als auch digitaler sowie auch breitbandiger Signale, auch wenn sie in der Praxis vorrangig nur für analoge Signale genutzt wurde.

Es gibt zwei prinzipiell verschiedene Arten, um Raumvielfach-Koppelanordnungen aufzubauen, nämlich

- **Wähler** 1 Eingang, **viele** Ausgänge (typisch 54, 100, 110)
- **Koppelnetze** Matrix mit **vielen** Ein- und Ausgängen

3.2.1 Wähler

Eine fast 100 jahrelang genutzte Art für ein automatisch vermittelndes Raumvielfach ist die Anordnung von sogenannten Wählern. Für die Verbindung der Leitungen werden je nach Einsatz in Orts- oder FernVSt unterschiedliche Wähler eingesetzt, die sich jedoch vor allem nur in der internen Steuerung (*Einstellung durch **Ziffern** oder in **freier Wahl** während der Wählpause oder gesteuert von **Registern***) unterscheiden.

Die verschiedenen **Wählertypen** und ihre Eigenschaften sind in **Bild 3-3** zusammengefasst.

Vorwähler und **Anrufsucher** stellen sich noch vor Beginn der Wahl alleine nur auf Grund der **Belegung** durch den A-TIn ein. Sie sorgen für eine **Konzentration** des Verkehrs, um die nachfolgenden 1.GW möglichst gut auszulasten.

Gruppenwähler stellen sich auf Grund der **ersten eintreffenden Ziffer** auf den entsprechenden Gruppenschritt ein, suchen dann während der Wählpause eine freie Leitung in dieser Gruppe und geben nach Beendigung des Einstellvorgangs alle weiteren Wählinformationen unverändert über die Leitung an den nächsten Wähler weiter.

Leitungswähler werten im Gegensatz zu Gruppenwählern **2 Ziffern** aus und erreichen mit den beiden letzten Wählziffern den gewünschten B-TIn.

Umsteuerwähler können außer den Kennzahlweg noch eine oder zwei weitere Richtungen ansteuern. Dabei wird zunächst der Kennzahlweg blind belegt, der entsprechende Leitungsabschnitt für die Dauer der Blindbelegung dem Verkehr entzogen und nur im Falle einer Umsteuerung wieder freigegeben. Sie ermöglichen damit eine sehr begrenzte "Verkehrslenkung".

Richtungswähler sind ein wesentliches Koppellement bei indirekt gesteuerten Wählsystemen. Sie werden durch besondere Einrichtungen (Register / Umwerter) eingestellt, die einen Teil der gesamten Wählinformation dazu **vorher auswerten**. Damit wird eine **Verkehrslenkung** im Netz ermöglicht.

Mischwähler stellen sich während der Wählpausen automatisch ein und sorgen für eine **bessere Erreichbarkeit** der Leitungen des Abnehmerbündels und eine gute Mischung des Verkehrs, damit alle Leitungen eines Bündels möglichst gleichmäßig ausgelastet werden und damit das Bündel ein Maximum an Verkehr abwickeln kann.

Anschaltewähler und **Zugangswähler** dienen der Expansion und stellen sich auf Grund der Wählinformation ein und erlauben die **gezielte Ansteuerung** von Einrichtungen oder einzelnen Leitungen eines Bündels von zentralen Hilfseinrichtungen, z.B. von einem Prüfautomaten aus.

Suchwähler stellen sich unmittelbar nach der Belegung ein; sie dienen zur **Konzentration**, um zentral angeordnete Einrichtungen (Register oder Prüfgeräte) bei Bedarf an die Leitung anzuschalten.

Je nach der Anzahl der gewünschten Zielrichtungen des Verkehrs müssen die Wähler **mehrstufig (Bild 3-4)** in der jeweiligen Vermittlungsstelle aufgebaut werden. Bei einer einstufigen Wähleranordnung sind nämlich nur so wenige Ausgänge und Richtungen ansteuerbar, wie der Wähler konstruktionsbedingt Ausgänge hat. Durch

mehrstufige Wähleranordnungen kann man die Zahl der ansteuerbaren Ausgänge beliebig erhöhen und der Verkehrsmenge anpassen.

Nach ihrem **mechanischen Aufbau** unterscheidet man zwischen sogenannten

Folie 3-4

- **Schrittschalt** drehwählern
- **Heb** drehwählern
- **Motor** drehwählern

Der **Hebdrehwähler** als älteste Bauform hebt sich **zifferngesteuert** zunächst in eine von 10 übereinanderliegenden Ebenen und dreht dann in der Funktion als Gruppenwähler in **freier Suchwahl** zu einem von 10 nebeneinanderliegenden Ausgängen, so dass er insgesamt 100 Ausgänge ansteuern kann. Durch die mechanischen Vorgänge des Hebens und Drehens mittels einer Stoßklinke sind die Belastungen und Abnutzungen sehr groß.

Für einfache Verbindungsaufgaben gab es seit Beginn der Technik **Schrittschaltwähler** mit nur einer Drehbewegung und einer unterschiedlichen Anzahl an Ausgängen.

1955 wurde daher von **Siemens** ein neuer Wählertyp entwickelt, der sich nur noch in einer Richtung bewegt. Dieser sogenannte **Edelmetall-Motor-Drehwähler (EMD-Wähler)** hat 110 Ausgangsschritte, die in einer, nur dekadisch unterteilten Ebene liegen und in sehr kurzer Zeit eingestellt werden können.

Wähler haben aufgrund ihrer Konstruktion und Steuerung bestimmte Eigenschaften, die sich ungünstig auswirken. Um nämlich den Verkehr einer größeren Zahl von Zubringern abzuwickeln, müssen in einer Wahlstufe stets mehrere Wähler gleichberechtigt nebeneinander aufgebaut werden und **gleiche Ausgänge im Vielfach parallel geschaltet** werden (**Bild 3-5**).

Eine einfache Vielfachschtaltung (lange Parallelführungen) am Wählerausgang würde bewirken, dass gegenseitige elektrische Beeinflussungen möglich wären (**Nebensprechen**).

Steuerungsbedingt beginnt ein Wähler aus seiner Ruhestellung heraus stets bei der Suche nach einer freien Leitung mit der 1. Leitung eines Bündels. Dadurch sind die vorderen Leitungen eines Bündels und damit auch die Geräte in der Gegenstelle wesentlich **mehr ausgelastet** und benutzt als die hinteren Leitungen.

Darüber hinaus haben Gruppenwähler konstruktionsbedingt nur 10 Leitungen je Dekade (begrenzte Erreichbarkeit), während das Abnehmerbündel verkehrsbedingt ggf. mehr Leitungen benötigt.

Um diese Mängel so weit wie möglich zu kompensieren und insbesondere die Erreichbarkeit und damit die Leistung der Bündel bei mehrstufigen Wähleranordnungen zu erhöhen, wurde früher für jede Wahlstufe eine sogenannte **Mischung der Abgangsbündel** verkehrstheoretisch individuell berechnet; aus Vereinfachungsgründen wurden später Norm-Mischungen angewandt. Es gibt neben der einfachen **Vielfachschtaltung** als Standardschtaltung am Wählerausgang **drei Mischungsarten**:

- **Staffeln** erhöht die Zahl der Ausgänge einer Wahlstufe
- **Übergreifen** reduziert die innere Blockierung einer Wahlstufe
- **Verschranken** reduziert Nebensprechen; bringt gleichmäßigere Belastung des Abgangsbündels

3.2.2 Koppelnetze

Unter Koppelnetzen versteht man eine Kombination von mehreren sogenannten Koppelvielfachen. Die Funktion einer Gruppe von Wählern lässt sich nämlich auch durch ein entsprechend gruppiertes Koppelvielfach realisieren. Dieses hat den Vorteil, dass es leistungsfähiger ist und in viel kürzerer Zeit eingestellt werden kann.

Ein **Koppelvielfach** ist im Prinzip ein Kreuzschienenvielfach (**Bild 3-7**). Dabei sind in diesem Beispiel 4 Eingänge und 3 Ausgänge als Zeilen und Spalten so über Kreuz gelegt, dass in den Schnittpunkten dieser Leitungen sich insgesamt $4 \cdot 3 = 12$ Koppel­punkte befinden. Da diese alle einzeln betätigt werden können, kann jeder Eingang wahlweise mit jedem Ausgang verbunden werden.

Als Elemente für diese **Koppel­punkte** kommen grundsätzlich in Betracht

- mechanische **Kreuzschalter**
- monostabile oder bistabile **Relais**
- **Transistoren** (*Restströme störend*)
- Thyristoren (*Restströme störend*)

Würde man größere Koppelnetze aus solchen **einstufigen** Koppelvielfachen bauen, so ist leicht zu erkennen, dass die Anzahl der notwendigen Koppel­punkte sehr groß werden würde, nämlich entsprechend dem Produkt aus Ein- und Ausgangszahl. Um die Zahl der Koppel­punkte zu minimieren, werden deswegen große Koppelnetze aus **mehrstufigen Anordnungen** zusammengesetzt.

Bild 3-8 zeigt ein zweistufiges Koppelnetz, bei dem 2 Koppelvielfache A und 3 Koppelvielfache B so miteinander verbunden sind, dass von einem Koppelvielfach A zu jedem Koppelvielfach B jeweils nur eine Leitungsführung besteht. Man spricht hier auch von einer sogenannten **Link-Verdrahtung**. Dieses regelmäßige Verdrahtungssystem zwischen mehreren Koppelvielfachen ergibt eine besonders **geringe Anzahl von Koppel­punkten**. Insbesondere bei kleineren Koppelfeldern führt dies jedoch zu einer **inneren Blockierung**, so dass unter Umständen ein Ausgang nicht erreicht werden kann, obwohl er frei ist.

Durch die gewählte Gruppierung ist eine maximale Ausbaugröße vorgegeben, die sich nicht überschreiten lässt. Aus heutiger Sicht ist es im Gegensatz zu Koppel­anordnungen mit Wählern günstig, als Koppelanordnung für die gesamte Vermittlungsstelle ein großes, mehrstufiges Koppelfeld vorzusehen, das in der Lage ist, alle Funktionen der im Bild 3-3 genannten Wählertypen in sich zu vereinigen.

Bild 3-9 zeigt ein vierstufiges Koppelnetz in unterschiedlichen Gruppierungsmöglichkeiten. In der sogenannten **unsymmetrischen Gruppierung** erkennt man dabei, dass jede Koppelstufe eine andere "Übersetzung" hat. Damit werden hardwaremäßig auch 4 unterschiedliche Koppelvielfache notwendig. Da die Gruppierung eine Konzentration im Verhältnis $1,33 : 1$ darstellt, kann dieses Koppelfeld sinnvollerweise nur in einer Richtung vom Eingang zum Ausgang hin betrieben werden (*gerichtete Betriebsweise*).

In der dargestellten **symmetrischen Gruppierung** gibt es dagegen nur 2 verschiedene Typen von Koppelvielfachen. Die B- und C- Stufen haben die gleiche Gruppierung, die A- und D- Stufen haben eine spiegelgleiche Gruppierung. Alle Ein- und

Ausgänge sind dadurch bezüglich ihrer Verkehrsleistung gleichwertig und könnten leicht wechselseitig betrieben werden.

Eine solch symmetrische Gruppierung kann man sich an der Symmetrielinie auch geklappt vorstellen, wie dies in **Bild 3-10** dargestellt ist. Eine solche **Umkehrgruppierung** hat den großen Vorteil, dass damit alle Anschlüsse an **1 Seite** des Koppelnetzes liegen. Bei wechselseitig betriebenen Anschlussleitungen (*früher in alter Technik: gehende Richtung am 1. Gruppenwähler, kommende Richtung am Leitungswähler*) werden dadurch Doppelanschlüssen nicht mehr erforderlich.

Ferner sind **Kurzverbindungen** innerhalb einer Eingangsstufe zwischen Leitungen und/oder Hilfseinrichtungen möglich, sofern sie an derselben Eingangsstufe angeschlossen sind. Im Transitverkehr können die angeschlossenen Leitungen kurzfristig einer Richtung (*gehend oder kommend*) zugeordnet werden. Durch eine entsprechend knappe Dimensionierung der weiteren Stufen eines derartigen Koppelnetzes kann der Aufwand an Koppelpunkten je Eingang bei gegebener Verkehrsleistung des Koppelnetzes optimiert werden.

Weitere ältere Ausführungen von Koppelnetzen sind sogenannte **Koordinatenschalter**. Bei diesen werden die Koppelpunkte eines jeden Koppelvielfaches nicht von einzelnen Relais betätigt, sondern es sind lediglich an den Seiten des Koppelvielfaches gemeinsame Relais angebracht, die über sogenannte Stangen und Brücken den Kontakt mechanisch betätigen, der im Schnittpunkt der dadurch markierten Zeile und Spalte liegt.

In modernen Koppelnetzen sind die Funktionen der Verkehrs-konzentration, Verkehrs-Verteilung und Verkehrs-Expansion integriert. Dieses erreicht man dadurch, dass die verschiedenen Koppelvielfachstufen A, B und C eine unterschiedliche Gruppierung haben. Die in **Bild 3-12** gezeigte Gruppierung (Beispiel System EWSO aus dem Jahre 1978) der Koppelstufen A und B lässt über die geeignete Wahl des **Wertes A_x** für den Verkehr zu Teilnehmern eine Konzentration bzw. Expansion zu ($A_x=32$). Für reine Verbindungsleitungen wird dagegen wegen der notwendigen 1:1 Durchschaltung ein Wert von $A_x=8$ gewählt. Die C-Stufe des Koppelnetzes erfüllt ebenfalls reine Verkehrs-Verteilungsaufgaben.

3.3 Zeitvielfach-Koppelanordnungen

Zeitvielfach bei Koppelanordnungen bedeutet, dass über die internen Koppelnetzleitungen mehrere verschiedene Verbindungen **zeitlich ineinander verschachtelt**, aber trotzdem **quasi gleichzeitig**, hergestellt werden können. Das ermöglicht einerseits aufgrund der Mehrfachnutzung eine Einsparung an Koppelpunkten und internen Verbindungsleitungen. Andererseits kann das am Eingang liegende Signal eine derartige Koppelanordnung aber nicht völlig unbeeinflusst durchlaufen. Das Signal muss stets **kurz zwischengespeichert** werden (jedoch nur 1 Rahmentaktlänge), um dann in einem neu zusammengestellten Zeitrahmen weitergeleitet zu werden.

⇒ *Diese kurze Zwischenspeicherung des Signals macht die Vermittlung aber NICHT zu einem speichervermittelten System !!! Vielmehr erfolgt die Verbindung weiterhin als Durchschaltvermittlung, und zwar 8 000 mal pro Sekunde für die Zeitschlitze derselben Verbindung.*

Zeitvielfach-Koppelanordnungen basieren auf der Digitaltechnik und sind somit für die Vermittlung von analogen Signalen nicht geeignet, sondern nur für die Vermittlung von **digitalen Puls-Signalen**. Analoge Signale müssen vorher mindestens in

Puls-Amplituden-Modulation (PAM) umgewandelt werden, üblicherweise jedoch in Puls-Code-Modulation (**PCM**). Man unterscheidet zwischen einem sogenannten

Folie 3-5a

- **asynchronen** Zeitvielfach
- **synchronen** Zeitvielfach

*Ein **asynchrones Zeitvielfach** ist transparent für Bit-Ströme unterschiedlicher Geschwindigkeit. Das asynchrone Zeitvielfach passt sich der Geschwindigkeit der eintreffenden Bitströme an und folgt dieser Übertragungsgeschwindigkeit. Als Beispiel sei die Koppelanordnung des elektronischen Datenvermittlungssystems EDS der Firma Siemens genannt, dass früher bei der Telekom für den Datex-L-Dienst eingesetzt war.*

Synchrone Zeitvielfache werden insbesondere zur Übertragung und Vermittlung von **PCM-Signalen** eingesetzt. Bei der **Pulscodemodulation** wird jeder Amplitudenwert eines analogen Signals gemäß einem definierten Code (13-Segment-Kennlinie) in eine bestimmte Folge von Bits umgewandelt. Dieses ist nur möglich, wenn man einen festen Takt vorgibt, mit dem eine genügend häufige Abtastung des originalen analogen Signals erfolgt. Dies Taktgeschwindigkeit muss unbedingt **im gesamten Netz** eingehalten werden, wenn schließlich ein vermitteltes PCM-Signal wieder in ein analoges Signal dekodiert werden soll. Deswegen wird der PCM-Übertragungsrahmen durch ein **zentrales Synchron-Signal** synchronisiert. Aus diesem Grunde spricht man auch von einem synchronen Zeitvielfach.

Beim heutigen PCM-Übertragungssystem werden auf einer Leitung im Zeitvielfach je nach Signalisierungsverfahren 30 oder 31 Sprechkanäle und 1 oder 2 zusätzliche Signalkanäle übertragen. Eine Zeitvielfach-Koppelanordnung, die derartige PCM-Signale völlig freizügig und in jeder gewünschten Kombination vermitteln soll, muss deswegen zwischen

Folie 3-5b

- den **verschiedenen Zeitlagen** von **PCM-Systemen** in einer **Zeitstufe**
- **verschiedenen PCM-Systemen** bei gleicher Zeitlage in einer **Raumstufe**

vermitteln können.

⇒ *Der Begriff "Raumstufe" als mögliche Teilrealisierung in einer Zeitvielfach-Koppelanordnung darf dabei unter keinen Umständen mit dem ähnlich klingenden Begriff "Raumvielfach-Koppelanordnung" verwechselt werden !!!*

3.3.1 Zeitstufen

In den **Zeitstufen** einer Zeitvielfach-Koppelanordnung wird die **zeitliche Lage** eines einzelnen Kanals **verändert (Bild 3-13)**.

Prinzipiell besteht eine Zeitstufe aus einem Informationsspeicher für alle 31 Nutzkanäle eines PCM-Systems. Die 8-Bit-Codewörter der 31 Zeitlagen eines PCM-Zubringer-Systems werden dabei **zyklisch in den Informationsspeicher eingelesen** und können in einer beliebigen, neugewünschten Reihenfolge auf 1 PCM-Abnehmerleitung **wahlfrei ausgelesen** werden. Die **neue Reihenfolge** beim Auslesen (= Vermittlungsvorgang) ergibt sich aus der jeweiligen **Steueradresse** im sogenannten **Haltespeicher**. Diese Steueradresse wird im Rahmen der Verkehrslenkung

(Routing, logische Bewertung der Zieladresse) von einem Zentralprozessor ermittelt.

Bei einer entsprechend schnellen Taktung kann dieses Prinzip wesentlich leistungsfähiger gemacht werden, indem am Eingang über einen schnellen, statischen Multiplexer **mehrere** PCM-Zubringerleitungen zyklisch eingelesen werden. Das Auslesen erfolgt wahlfrei aber zyklisch auf **dieselbe** Zahl von PCM-Abnehmerleitungen. Es können damit bereits größere Koppelanordnungen für einige 100 Leitungen realisiert werden.

3.3.2 Raumstufen

Für größere Koppelanwendungen ist es notwendig, dass bei vielen ankommenden PCM-Leitungen deren Zeitschlitz auch in viele **andere Richtungen** verteilt werden können. Die Zeitlagen innerhalb aller Multiplexleitungen können dabei unverändert bleiben.

Hierzu reicht es dann aus, über **einfache Gatterschaltungen** in einer reinen **Raumstufe** mehrere PCM-Zubringerleitungen auf **dieselbe** Zahl von PCM-Abnehmerleitungen zu vermitteln (**Bild 3-15**).

In der Taktperiode t_1 stehen die Signale A1, B1 und C1 auf den 3 PCM-Eingangsleitungen an. Die Haltespeicher haben in der Taktperiode t_1 die Einträge 3,1 und 2 (spaltenweise Zuordnung). Somit schalten in dieser Taktperiode t_1 die Gatter 3-1, 1-2 und 2-3 durch. Damit stehen dann am Ende der Taktperiode t_1 die Inhalte C1, A1 und B1 an den 3 PCM-Ausgangsleitungen an.

Die Raumstufen schaffen somit Verbindungswege zwischen den physikalischen Ein- und Ausgängen ganzer PCM-Leitungen unter **Beibehaltung der zeitlichen Lage** der Kanäle. Der Schaltzustand der Gatterschaltungen je Zeitschlitz ist dabei als Steueradresse in den zugehörigen **Haltespeichern** abgelegt. Das aus den Raumvielfach-Koppelnetzen bekannte Phänomen der inneren Blockierung ist hier unkritisch, da durch entsprechend hohe Taktgeschwindigkeit auf den internen Verbindungswegen ohne hohen Kostenaufwand die Anzahl der Zeitschlitz reichlich bemessen werden kann.

Aus den beiden Grundtypen ist es möglich, durch entsprechende Anordnung der Zeit- und Raumstufen **mehrstufige Koppelnetzstrukturen** mit sehr hoher Verkehrsleistung aufzubauen (**Bild 3-16**).

*Man kann eine Zeitvielfach-Koppelanordnung jedoch auch ausschließlich aus Zeitstufen aufbauen, die über eine **gemeinsame Multiplexleitung** miteinander verbunden sind. Je höher die Bitrate dieser Multiplexleitung ist, desto leistungsfähiger wird eine derartige Koppelanordnung.*

*In ähnlich Form arbeiten auch Bus-Systeme und Local Area Networks (LAN), nämlich mit einer **offenen Multiplexleitung**, sowie der sogenannte Token-Ring mit einer kreisförmigen, **geschlossenen Multiplexleitung**.*

3.4 Wegesuche und Einstellung

Es gibt verschiedene Möglichkeiten, freie Durchschaltewege durch eine größere Koppelanordnung zu suchen und die Einstellung einer solchen Koppelanordnung zu steuern. Die **Wegesuche** kann nach drei **Suchstrategien** erfolgen (**Bild 3-17**):

- **Punkt-zu-Punkt-** Wegesuche
- **Punkt-zu-Bündel-** Wegesuche
- **Punkt-zu-Mehrpunkt-** Wegesuche.

Bei der **Punkt-zu-Punkt-Wegesuche** sind der Zubringer und der Abnehmer bezüglich der Anschlusslage am Koppelnetz **genau** definiert.

Beispiele hierfür sind: *gezielte Ansteuerung eines Teilnehmeranschlusses in einer OVSt; Verbindung einer Prüfeinrichtung mit einem Prüfling.*

Bei der **Punkt-zu-Bündel-Wegesuche** wird eine Wegesuche durchgeführt mit dem Ziel, eine Verbindung zwischen einer gegebenen Zubringerleitung und **irgendeiner** freien Leitung des Abnehmerbündels herzustellen.

Beispiel hierfür sind: *Ansteuerung irgendeiner freien Leitung eines abgehenden Bündels; Verbinden zu irgendeinem freien Register; Verbinden eines Prüflings mit einer von mehreren Prüfeinrichtungen.*

Die **Punkt-zu-Mehrpunkt-Wegesuche** bezeichnet eine Strategie, bei der eine bedingte Wegesuche durchgeführt wird, um eine Verbindung zwischen einer gegebenen Zubringerleitung und einer vorgegebenen Anzahl von freien Leitungen des gewünschten Abnehmerbündels oder mehrerer definierter Teilnehmer (*Konferenzschaltung*) herzustellen.

Bei der physikalischen Ausgestaltung der **Wegesuche und Einstellung** werden in den verschiedenen Vermittlungssystemen drei verschiedene Verfahren angewandt:

- **besondere Markieradern oder Belegungsadern**
(*z.B. in elektromechanischen Systemen zur stufenweisen Einstellung je Wählergruppe*)
- **Abbild der Zwischenleitungen** im Speicher des Steuerrechners
(*z.B. im System EWSD zur weitspannenden Einstellung*)
- **autonome Wegesuche** durch selbsttätige Verarbeitung einer internen Adresse im Koppelpunkt-Baustein
(*z.B. im System S12 zum stufenweisen Aussuchen eines adressierten Koppelnetz-Ausgangs*)

3.5 Koppelnetze für Breitbandsignale

Für die Bewegtbild-Kommunikation und für schnelle Datenübertragung (*heute häufig auch **Multimedia** genannt*) werden Koppelnetze für Breitbandsignale benötigt, die deutlich mehr als nur 64 kbit/s-Kanäle vermitteln können.

*Eine einstufige PCM-Codierung des heutigen Fernsehbild-Signals führt beispielsweise zu einer Bitrate von ca. 140 Mbit/s. Kleinere Bitraten sind inzwischen jedoch durch **Redundanz-Reduktion** möglich. Hierbei steigt jedoch entsprechend der Aufwand für Codierung und Decodierung, wenn der Bildqualitätsverlust möglichst gering gehalten werden soll. Nach den neuesten Verfahren läßt sich die Bitrate für ein Fernsehbild-Signal ohne große sichtbare Einbußen bis auf 2 Mbit/s reduzieren.*

Folie 3-7

Koppelnetze für Breitbandsignale müssen also in der Lage sein, sowohl Signale von 2 Mbit/s als auch Signale von 140 Mbit/s zu vermitteln, ggf. auch dazwischenliegende andere Bitraten (8, 34 oder 70 Mbit/s), je nachdem, welche Codierung angewandt wird.

Für derartige hohe Bitraten kam früher nur eine Raumvielfach-Koppelanordnung in Frage, deren Koppelpunkte in schneller ECL-Technologie (Emitter Coupled Logic) realisiert waren. Je nach Stückzahl ließ sich eine wirtschaftliche Lösung mit Gate-Arrays (bei kleineren Stückzahlen) oder mit VLSI-Chips (bei größeren Stückzahlen) erreichen.

Die ständig wachsenden Anforderungen an den Bandbreitenbedarf führten dann aber Mitte der 80er Jahre international zu einem Paradigmenwechsel. Zur Übertragung von Breitbandsignalen rückte man von dem bisherigen **kanal-orientierten Übertragungsverfahren** und der Leitungsvermittlung ab, um eine größere Flexibilität zu erhalten. Man konnte und wollte nicht bereits im Voraus die erlaubten Bitraten für alle Kanäle oder Hierarchiestufen festlegen. Innerhalb weniger Jahre wurde ein neues **paket-orientiertes Verfahren** international unter dem Begriff

ATM = Asynchroner Transfermodus (*Asynchronous Transfer Mode*)

standardisiert. Hierbei sind die Funktionalitäten der Übertragungs- und der Vermittlungstechnik praktisch integriert. Heute laufen solche breitbandigen Anwendungen nach diesem ATM-Standard in Form eines separaten Overlay-Netzes.

Mit dem inzwischen erreichten ausschließlichen Einsatz von Glasfaserkabeln im Backbone-Netz, gewinnt auch die Frage nach **optischen Koppelnetzen** eine größere Bedeutung.

*Um beim Einsatz von Glasfasertechnik die sehr teuren **elektro-optischen Wandler** einzusparen, liegt die Idee nahe, zur Vermittlung von Lichtwellensignalen zukünftig auch **optische Koppelfelder** zu verwenden. Derartige Anordnungen sind bisher aber über das Forschungsstadium nicht hinausgekommen und in naher Zukunft für den praktischen Einsatz noch nicht verfügbar, mit Ausnahme der bereits eingesetzten optischen Crossconnectoren (**OXC** = Optical Cross Connect), die z.Z. jedoch nur komplette Wellenlängen (STM16 und höher) unter Verwendung von mechanischen Mini-Spiegeln, verteilen können.*

4 Funktionssicherheit der Systeme

Von einem Telefonvermittlungssystem wird eine ununterbrochene, 24-stündige Betriebsbereitschaft erwartet. Diese kann nur erreicht werden, wenn bereits beim Systemdesign entsprechende **Sicherheitsüberlegungen** bzgl. einer sehr hohen **Zuverlässigkeit** eingeflossen sind und alle Maßnahmen im Sinne eines **Total Quality Management** (TQM) von der Entwicklung über die Produktion bis zum täglichen Betrieb konsequent eingehalten werden. Bei der Beschaffung der neuen digitalen Vermittlungstechnik spiegelt sich dies in der geforderten hohen Verfügbarkeit wieder.

Folie 4-0

Art der VSt	Verfügbarkeit	Ausfallzeit
OVSt	99,977 %	2 h / Jahr
Fern-/AusIVSt	99,989 %	1 h / Jahr
	99,999 %	5 min / Jahr

Die wichtigsten Überlegungen zur Erzielung dieser Verfügbarkeit sind:

Folie 4-1

- **Aufteilung der Funktionen** auf überschaubare Blöcke
- Festlegung interner und externer **Schnittstellen**
- Sicherheit in der **Schaltungsauslegung**
 - * hochwertige Bauelemente
 - * Redundanz
 - * Ersatzschaltung
- **interne Überwachung** der Funktionsabläufe
 - * Mikrosynchronismus
 - * Speicherschutz
 - * Prioritäten, Interrupts, Watch Dog
 - * Maßnahmen zur **Überlastabwehr**
- Erzeugung und Behandlung von **Alarmen**
- **externe Möglichkeiten** der **Prüfung, Messung** und Überwachung

Entsprechende Überlegungen, Verfahren und Einrichtungen sind in unterschiedlicher Ausprägung in modernen Telefonvermittlungssystemen selbstverständlich bereits als integrale Bestandteile vorhanden. Für ältere Systeme wurden manche der o.g. Anforderungen, wie z.B. automatische Prüfeinrichtungen, erst nachträglich aufgrund von Mengenproblemen entwickelt und eingebaut.

Wichtige Stromkreise werden häufig auf das Vorhandensein eines bestimmten Potentials dauernd überwacht. Im Fehlerfall wird sofort ein Störungssignal gegeben. Die **Dauerüberwachung** ist auch im Ruhezustand wirksam und darf den normalen Funktionsablauf nicht einschränken.

Vermittlungstechnische Information wird teilweise auch codiert zwischen verschiedenen Einrichtungen übertragen. Wenn ein **redundanter Code** verwendet wird,

können Fehler leicht erkannt werden, da sie mit hoher Wahrscheinlichkeit den Code verfälschen. Die Überwachung der Einhaltung des definierten Codes auf diesen Leitungen sichert hier die richtige Funktion. Wenn nicht redundante Codes verwendet werden, wird häufig künstlich eine gewisse Redundanz durch Hinzufügen von Paritäts-Bits bei der Übertragung erreicht. Eine **Code-Überwachung** bedeutet zwar einen erhöhten Schaltungsaufwand im Gerät; jedoch kann dadurch dann oft auf besondere, externe Überwachungs-Einrichtungen verzichtet werden.

Wichtige, insbesondere zentrale Funktionen, dürfen nicht ausfallen, auch wenn in einer Einrichtung ein Fehler auftritt. Solchen Einrichtungen werden Ersatz-Einrichtungen zur Seite gestellt, die im Fehlerfall den vermittlungstechnischen Funktionsablauf übernehmen und sicherstellen. Die **Ersatzschaltung** erfolgt automatisch aufgrund bestimmter Störungszustände. In rechnergesteuerten Vermittlungssystemen werden im Rahmen einer Alarmbehandlung diese Störungssignale bewertet. Dabei werden u.a. die entstehende Fehlerbreite und die Häufigkeit der Störung berücksichtigt und versucht, die Ursache der Alarme zu lokalisieren. Danach kann eine Ersatzschaltung eingeleitet werden, durch die die Quelle der Störung - z.B. eine schadhafte Baugruppe - automatisch außer Betrieb genommen wird. Zur Information des Betriebspersonals werden am Bedienungsplatz entsprechende Angaben ausgedruckt. Für die Durchführung von Betriebsarbeiten (z.B. Baugruppentausch, Erweiterungen) kann die Ersatzschaltung auch manuell bewirkt werden.

Um eine hohe Betriebsgüte sicherzustellen, müssen evtl. auftretende Fehler möglichst schnell erkannt werden können. Die wichtigsten Stromkreise, die nicht dauernd überwacht werden, werden deshalb vorbeugend in regelmäßigen Abständen auf ihre Funktion hin geprüft oder gemessen. Diese Aufgaben übernehmen heute meist **automatische Prüf- und Messeinrichtungen**. Routinemäßige Prüfungen werden nach einem festgelegten Zeitplan regelmäßig wiederholt. Zwischen der Prüfgenaugigkeit und der für die Prüfung benötigten Zeit muss ein Kompromiss gewählt werden. In relativ kurzer Zeitfolge werden deshalb ggf. Kurzprüfungen eingeschoben. Prüfautomaten führen automatisch - meist nachts in der verkehrsschwachen Zeit - eine ganze Reihe von Einzelprüfungen vollautomatisch nacheinander durch und zeichnen die Prüfergebnisse auf. Die Ergebnisse enthalten ggf. Angaben über die Fehlerart und bezeichnen die Einrichtung, in der der Fehler aufgetreten ist. Vor allem werden die Koppelanordnungen und bei sprechkreisgebundener Zeichengabe auch die Fernleitungen regelmäßig automatisch geprüft.

Aus Gründen der **Verkehrsgüte** und der **Planungssicherheit** ist es sehr wichtig zu wissen, ob der Ausbauzustand des Leitungsnetzes und der Vermittlungsstellen ausreichend ist, um den anfallenden Verkehr auch zukünftig abwickeln zu können. Hierzu dienen die regelmäßig durchzuführenden **Verkehrsuntersuchungen**.

In den früheren analogen Systemen machte man hier von einem statistischen Messverfahren Gebrauch. In bestimmten Abständen (alle 3 Minuten) wurde lediglich der Zustand der c-Ader (Belegungs-Ader) abgetastet. Das Ergebnis war ein grobes Maß für die Belastung der jeweiligen Leitung.

In den digitalen, rechnergesteuerten Systemen können die Belegungen im Rahmen von Bündelmessungen dagegen exakt erfasst und nachverarbeitet werden. Zusätzlich können die je Verbindung anfallenden Kommunikationsdaten nicht nur nachträglich für die Berechnung der Verbindungsdauer, und somit für die Telefonrechnung des einzel-

nen Kunden ausgewertet werden; in anonymisierter Form können diese Datensätze auch zu Verkehrsmesszwecken benutzt werden.

Die Einrichtungen für die Verkehrsuntersuchungen sollen einerseits die reine **Verkehrsmenge** und andererseits die Aufteilung auf verschiedene Ziele (**Verkehrsstruktur**) feststellen. Der letztgenannten Aufgabe kommt umso mehr Bedeutung zu, je höher entwickelt die Programme für die Verkehrslenkung in den Vermittlungsstellen sind. Eine optimale Gestaltung des Fernleitungsnetzes erfordert sorgfältige Planungsarbeiten. Zuverlässige Angaben über die Verkehrsentwicklung in die verschiedenen Richtungen und für die verschiedenen Dienste sind dafür eine notwendige Voraussetzung.

Insbesondere bei neuen, rechnergesteuerten Vermittlungssystemen wird vor dem Betriebseinsatz intensiv geprüft, wie sich derartige Systeme bei sehr starker Verkehrslast verhalten. Diese hohe Verkehrslast wird labormäßig mit Simulationsprogrammen oder im Feldversuch mit Maschinen simuliert, die künstlichen Verkehr erzeugen. Bei dieser **Lastprüfung** wird geprüft, ob die Zahl der pro Stunde herstellbaren Verbindungen, der sogenannte BHCA-Wert (= *Busy Hour Call Attempt*), auch bei Überlast erreicht wird. Wenn mehr Verbindungen angefordert werden als vom System herstellbar sind (Überlast), muss trotzdem die maximal mögliche Zahl von Verbindungen hergestellt werden und die weiteren Verbindungswünsche müssen korrekt mit Besetztsymbolen oder Besetztton abgewiesen werden. Hierzu müssen in den zentralisierten Steuerungen besonders ausgefeilte Maßnahmen zur **Überlastabwehr** realisiert sein, da gerade Rechnersteuerungen sehr anfällig gegen Überlast sein können.

5 Netzmanagement-Systeme

Folie 5-1

Die bis vor wenigen Jahren in der **analogen Technik** eingesetzten Netzelemente (Vermittlungs- oder auch Übertragungstechnik) waren im Wesentlichen dadurch gekennzeichnet, dass sie **dezentral vor Ort** unmittelbar in den Technikräumen **betrieben** werden mussten.

Nahezu jede Schaltmaßnahme, ob aus Konfigurationsgründen oder im Fehlerfall zur Reparatur oder zur Ersatzschaltung, musste **manuell** ausgeführt werden und war dadurch zeit- und personalintensiv. Nur eine geringe Zahl von Alarmmeldungen wurde (jedoch ohne detaillierte Aussagekraft) ggf. zentral angezeigt.

Automatische **Ersatzschaltungen** waren auf Einzelfälle beschränkt.

Güteparameter und statistische Werte mussten mit externen Geräten und mit viel Aufwand ermittelt werden.

Erst mit dem Einsatz rechnergesteuerter Vermittlungssysteme (**SPC-Technik**) sowie den übertragungstechnischen Geräten der neuen Synchronen Digitalen Hierarchie (**SDH-Technik**) sowie der **Glasfasertechnik** und der neuen **WDM-Technik** ergeben sich völlig **neue Möglichkeiten für den Betrieb** (= *Operations & Maintenance*) der einzelnen Netzelemente und des Gesamtnetzes.

Die meisten der notwendigen Betriebs- und Schaltungsaufgaben können nun von zentralen Betriebszentren aus **fernbedient** werden, da die einzelnen Netzelemente **über Datenkanäle** angebunden sind. Hierzu werden auch heute noch zumeist proprietäre und technikbezogene Firmenlösungen eingesetzt, da sich die Bedienung und die Bedienbefehle je System stark unterscheiden.

Der Zusammenschluss verschiedener Management-Systeme erfolgt nur schrittweise im Rahmen von sogenannten Umbrella-Management-Systemen.

*Die einfachste Lösung bestand in den Anfängen zunächst in der Anordnung von **vorgezogenen Bedienplätzen**. Dabei ist in der Betriebszentrale über Datenfernleitungen für **jede Vermittlungsstelle** ein ihr fest zugeordneter Bedienplatz vorhanden (**Bild 5-1**), über den alle Eingaben in oft schwieriger Syntax erfolgten. Der in jeder VSt vorhandene örtliche Bedienplatz wird nur in Sonderfällen benutzt.*

Heute werden die Bedienungsvorgänge wesentlich vereinfacht, indem das Personal an den Datensichtstationen durch eine leicht merkbare **Mensch-Maschine-Sprache** oder eine komfortable **Menü-Technik** oder eine **grafische Oberfläche** unterstützt wird. Die heutigen Managementsysteme umfassen ganze Programmsysteme, um beispielsweise routinemäßige Prüfungen termingesteuert vollautomatisch durchzuführen. Ebenso werden die Gebühren Daten (KDS) regelmäßig (etwa 6 mal pro Tag) zu Rechnern des externen Fernmelderechnungsdienstes übertragen und entlasten damit die Vermittlungsstelle. Die anfallenden Betriebsaufgaben können vom System **verschiedenen Bediengruppen** zugewiesen werden (**Bild 5-2**).

Unter dem Begriff **Telecommunications Management Network (TMN)** strebt man heute eine möglichst übergreifende, **umfassende Bedienungsplattform** an.

Hauptelemente sind dabei die genormten Schnittstellen der **ITU-T-Serie Q.3** in den einzelnen Netzelementen, die es ermöglichen, gleich strukturierte betriebliche Daten zu übergeordneten Betriebszentren zu senden und dort auszuwerten.

Für TMN existiert ein allgemeines **Architekturmodell mit 5 Funktionsblöcken**, die über sogenannte **Funktionale Komponenten** näher beschrieben werden. Die einzelnen Funktionsblöcke arbeiten über festgelegte **Referenzpunkte** (gemäß *ITU-T M.3010*) zusammen und verwenden vordefinierte **Managed Objects** zu ihrer Beschreibung.

Sofern die Datenmengen nicht zu groß sind, werden diese im Zeichengabesystem Nr.7 in einem eigenen **Operations & Maintenance Application Part (OMAP)** vom Vermittlungs-Rechner zum TMN-Rechner übertragen.

Bei großen Datenmengen müssen dagegen 64 kbit/s-Nutzkanäle aufgebaut werden und über diese dann entsprechende Datenfiles unter Nutzung des **File Transfer Access & Management (FTAM)** übertragen werden.

Neuerdings haben die Netzelemente **auch IP-Schnittstellen**, womit sich die verschiedenen Betriebsaufgaben besser auf einzelne Server verteilen lassen (**Bild 5-3**). Zum Managen der übertragungstechnischen Knoten in SDH-Technik existieren teils auch eigene Netzwerke, insbesondere auf X.25 Basis.

Unter dem großen Dach des **TMN** müssen je nach den technischen Geräten und dem Einsatzfall einer Netzplattform maximal folgende **5 Hauptfunktionen** durch das **Netz-Management** wahrgenommen werden:

- | | | |
|------------------------|------------|--|
| • Fault | Mgt | Fehler erkennen, eingrenzen, beheben |
| • Configuration | Mgt | Schaltmaßnahmen und Verkehrslenkung veranlassen |
| • Performance | Mgt | Qualitätsparameter des Verkehrs erfassen, analysieren und ggf. eingreifen durch Drosseln / Aufteilen / Routen |
| • Accounting | Mgt | bereitstellen von Abrechnungsdaten |
| • Security | Mgt | realisieren von verschiedenen Sicherheitsstufen |

Folie 5-2

Diese Management-Funktionen dienen vor allem der Optimierung der **internen Betriebsabläufe**. In zweiter Linie nutzen sie natürlich auch dem Kunden, da durch diese Maßnahmen eine **höhere Qualität** (**QoS = Quality of Service**) geboten werden kann. Die Netzbetreiber nutzen somit selber die neuen Möglichkeiten rechnergesteuerter Techniken und den Austausch betriebsnotwendiger Informationen über schnelle Datenkanäle.

Insgesamt zeigt sich hier die Tendenz, dass die bisher getrennt gesehenen Techniken für Übertragung und Vermittlung erheblich zusammenwachsen und sinnvollerweise auf einer einheitlichen betrieblichen Netzplattform übergreifend gemanagt werden.

Da in großen Netzen üblicherweise die Techniken mehrerer Herstellersysteme mit ihren firmeneigenen Managementsystemen eingesetzt sind, ist es nötig, darüber ein sogenanntes "**Umbrella Management System**" zu installieren, um eine **Gesamt-Netzsicht** End-to-End , möglichst sogar User-to-User , zu ermöglichen. Als Benutzeroberfläche wird hier häufig " HP-Open View " verwendet.