

September 2004

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

Dozent : Dipl.-Ing. Hans Thomas

Digitale Vermittlungstechnik
System S 12

	Seite
1 Einleitung	2
2 Systemarchitektur	2
3 Aufteilung der Funktionen	
3.1 Betriebsarten	5
3.2 Identitäten	6
4 Anschlussmodule	
4.1 Allgemeine Struktur	6
4.2 Beispiele von Anschlussmodulen	8
5 Funktionssteuereinheiten	11
6 Digital-Koppelnetz	
6.1 Koppelnetzbaustein	12
6.2 Koppelnetzstruktur	13
7 Software	
7.1 Grundprinzipien	15
7.2 Finite Message Machines	16
7.3 System Support Machines	17
7.4 Meldungen	18
8 Verbindungsaufbau	19

Anhang mit 20 Bildern

1 Einleitung

Die analogen Vermittlungssysteme wurden über Jahrzehnte von der Telekom (früher Deutsche Bundespost) bei der deutschen Industrie als "**Einheitstechnik**" eingekauft. Die vier Lieferfirmen hatten untereinander Entwicklungsschwerpunkte abgesprochen und gegenseitige Nachbaulizenzen vereinbart. Ein solches Einheitssystem bietet auf der einen Seite beim Einkauf, Betrieb, Ausbildung usw. erhebliche Vorteile für die Telekom, andererseits ergeben sich durch die Bindung an nur eine Herstellergruppe Abhängigkeiten und ein hohes Preisniveau.

Als in den 70iger Jahren ein gemeinsames, programmgesteuertes, elektronisches Wählsystem mit analoger Koppelnetzdurchschaltung eine sehr lange Entwicklungszeit benötigte, wurde der neue, weltweite Trend zu digital durchschaltenden Systemen zum Anlass genommen, 1979 eine völlig neue Beschaffungsmethode einzuführen.

In einem kurzfristigen Verfahren wurden weltweit fünf Firmen aufgefordert, ein Angebot für eine serienreife **Digitale Vermittlungstechnik (DIV)** für Orts- und FernVSt vorzustellen. Drei Firmen gaben Angebote ab und erhielten die Möglichkeit, die Funktionsfähigkeit nach Festlegung eines bestimmten Spektrums von Mindestleistungsmerkmalen 1 Jahr lang in einem "Präsentationsbetrieb" in je 4 Vermittlungsstellen unter Beweis zu stellen. Letzt endlich bestanden nur die beiden Firmen

Siemens AG	mit dem System EWSD
SEL/Alcatel	mit dem System S 12

den Test und liefern seit 1983 in einen jährlichen Preiswettbewerbsverfahren die jeweils zentral ausgeschriebenen Vermittlungsstellen oder deren Erweiterungen bzw. den Upgrade auf neue Leistungsmerkmale. Anfangs wurde nur der Erweiterungsbedarf in digitaler Technik beschafft, seit Anfang 1990 wurde aber auch konsequent vorhandene analoge EMD-Technik ausgetauscht, um die verbesserten Leistungsmerkmale sowohl für die Telefonkunden als auch für den Netzbetreiber zu nutzen.

Das große Ziel der **vollständigen Digitalisierung des gesamten Telefonnetzes wurde Ende 1997 erreicht.**

Für die Einführung von ISDN und die Deregulierung des Telekommunikationsmarktes mit Konkurrenz-Carriern ist die DIV-Technik eine zwingende, technische Voraussetzung.

2 Systemarchitektur

Die Vermittlungseinheiten (**VE**) des Systems S12 basieren auf zwei wichtigen Technologien, der Digitaltechnik und dem Prinzip der verteilten Steuerung.

Folie 2-1

- **Digitaltechnik**

Alle internen Steuerungen und Abläufe beruhen auf der Abarbeitung von **Software-Programmen**. Alle **Nutzkanäle** werden ausschließlich in **digitaler Form** weitergeleitet; dadurch können beliebige digitalisierte Informationen ohne Berücksichtigung ihrer Form (Sprache, Daten, Bilder oder Text) vermittelt werden.

Somit können alle Vorteile, die durch Anwendung digitaler Übertragungsprinzipien zu erreichen sind, auch im Vermittlungssystem genutzt werden. Es sind dies vor allem eine rauscharme Übertragung, erhöhte Zuverlässigkeit

sigkeit (keine beweglichen Teile) sowie die platzsparende Mehrfachausnutzung der Hardware durch die Zeitmultiplexanwendung.

- **Verteilte Steuerung**

Verteilte Steuerung bedeutet, dass alle von einer VE auszuführenden Funktionen in eine Vielzahl von Teilaufgaben zerlegt sind, die dann in bestimmten (verteilten) **Steuereinheiten (CE = Control Element)** abgearbeitet werden.

Dieses Konzept ergibt eine hohe Betriebssicherheit, da ein Defekt einer einzelnen CE keine bedeutende Auswirkung auf den Betrieb der kompletten VE haben kann. Außerdem erlaubt die Zerlegung der verschiedenen Aufgaben, dass neue Funktionen oder technologische Fortentwicklungen ohne größere Systemänderungen hinzugefügt werden können. Andererseits ergibt sich ein hoher Informationsfluss zwischen den CE und somit eine hohe Komplexität.

S12-Vermittlungssysteme werden vor allem in öffentlichen, vermittelnden Telefonnetzen (PSTN = *Public Switching Telefon Network*) eingesetzt. Die hardwaremäßige Struktur ist sehr einfach (**Bild 2-1**) und besteht aus den **drei Hauptkomponenten**:

- **Digital-Koppelnetz** (**DSN = Digital Switching Network**)
- **Anschlussmodule**
 - * **Modulsteuereinheit** (**TCE = Terminal Control Element**)
 - * **Anschlussteile** (unterschiedlich je Aufgabe)
- **Funktionssteuereinheiten** (**ACE = Auxiliary Control Element**)

Kernstück des Systems S12 ist das **Digital-Koppelnetz DSN** mit einem in allen Koppelnetzstufen eingesetzten hochintegrierten Schaltkreis, der auf die spezielle Aufgabenstellung optimiert ist. Erst dieser kundenspezifische Baustein, der eine **selbständige Koppelnetzdurchschaltung** durchführen kann, ermöglicht die extreme Verteilung aller Aufgaben auf kleine Steuereinheiten. Alle Anschlussmodule und ACE sind mit dem DSN grundsätzlich über zwei 4 Mbit/s-Verbindungsleitungen (modifizierte PCM-Norm) verbunden, die, unabhängig vom Typ des jeweiligen Moduls, ein einheitliches Protokoll in Richtung Koppelnetz benutzen.

Alle **Anschlussmodule** besitzen eine gleichartige Grundstruktur. Die **TCE** sind Steuereinheiten auf Mikroprozessorbasis, die innerhalb eines Anschlussmoduls über **zwei** 4 Mbit/s Verbindungsleitungen mit unterschiedlichen Typen von **Anschlussteilen** verbunden sind, wie z.B. mit Teilnehmersätzen, Verbindungsleitungssätzen, Sätze zur Takt- und Tonerzeugung oder Sätze zur Bearbeitung der Zeichengabe.

Die **ACE** sind Steuereinheiten, die ausschließlich **Unterstützungsfunktionen** für die TCE übernehmen; z.B. führen sie bestimmte übergeordnete Aufgaben wie Fehlerbehandlung, Auswertung von Ziffern, Verkehrslenkung oder Gebührenbehandlung aus, ohne dafür irgendeine Unterstützung von weiteren Baugruppen zu benötigen; gegenüber einer TCE sind also keine Anschlussteile nötig.

Die **Software** des Systems System S12 ist auf die verschiedenen **Steuereinheiten** (**CE = Control Element**) und auf Massenspeicher **verteilt**. Jede CE ist im Normalfall mit der ihren Aufgaben entsprechenden Software geladen. Die Flexibilität der Software und Hardware ermöglicht jedoch auch die freie Verteilung der Software auf andere CE, wenn dies in bestimmten Fällen erforderlich ist. Neben den vermittlungstechnischen Anwenderprogrammen sind auch das Betriebssystem und die Datenbanken voll auf die CE und die Massenspeicher verteilt. Die **Datenbanken** bestehen aus Daten in Form von Tabellen (sogenannte **Relationen**) und den Datenbank-Verwaltungsprogrammen (Datensicherheit, Zugriffsberechtigungen usw.). Obwohl die Daten und Programme ggf. über mehrere CE verteilt sind, hat jede Steuerung Zugriff auf alle notwendigen Daten.

Die **Bedienungs- und Wartungsaktivitäten** werden über das entsprechende Anschlussmodul durch eine spezielle Mensch-Maschine-Kommunikation (**MMC = Man Machine Communication**) unterstützt. Die MMC ermöglicht dem Betriebspersonal einen einfachen Zugriff zu Daten, die sich auf Teilnehmer, Verbindungsleitungen und den Systemzustand beziehen. Entsprechende Ausgabemeldungen zu Betreiberaktivitäten oder Systemzustandsänderungen werden automatisch oder als Antwort auf bestimmte Bedienerbefehle erstellt. Die Kommunikation zwischen Betreiber und System wird über gängige MMC-Endgeräte (Personalcomputer und Drucker) durchgeführt.

Eine Vermittlungseinheit (VE) besteht aus folgenden **konstruktiven Grundelementen (Bild 2-2)**:

- **Baugruppen** steckbar
- **Baugruppenrahmen** mit Steckverbindern an der Verdrahtungsrückwand zur Verbindung der Baugruppen
- **Gestellrahmen** mit Verkabelung und weiteren Zusätzen (Sicherungen, Türen usw.). Durch seitliches Zusammenschrauben der Gestellrahmen werden **Gestellreihen** gebildet.

Auf Grund der modularen Struktur des Systems S12 kann mit entsprechend zusammengesetzten Hardware- und Software-Bausteinen ein weiter Anwendungsbereich abgedeckt werden:

- Orts-VSt mit mehr als 100 000 Teilnehmeranschlussleitungen
- Fern-VSt mit mehr als 60 000 Fernleitungen
- gemischte VSt mit Orts- und Ferntechnik
- Auslands-VSt
- Abgesetzte periphere Einheiten (Konzentratoren für Teilnehmeranschlüsse)
- VSt für besondere Dienste (Service 130, Mobilfunk, Netzübergänge o.ä.)
- als Network Service Center (zentrale Betriebsführungsstelle)

Durch ständige Fortentwicklung der Hard- und Software haben sich im System S12 in den letzten 10 Jahren im Einzelfall erhebliche Veränderungen ergeben. Insbesondere konnte die Anzahl unterschiedlicher Baugruppentypen reduziert werden, indem

ähnliche Funktionen auf gleicher (erweiterter) Hardware lediglich durch unterschiedliche Software-Programme realisiert wurden. Ebenso konnte die Packungsdichte auf den einzelnen Baugruppen erheblich erhöht werden, so dass in neueren Versionen des Systems bisher getrennte Funktionsblöcke jetzt auf einer Baugruppe zusammengefasst sind.

3 Aufteilung der Funktionen

3.1 Betriebsarten

Die Funktion eines bestimmten Anschlussmoduls oder einer ACE kann als Ganzes für den Betrieb einer VE kritisch sein. Deshalb arbeiten, in Abhängigkeit von der Bedeutung für das Gesamtsystem, die **Steuereinheiten (CE)** in folgenden 6 verschiedenen **Betriebsarten**:

Folie 3-1

- **Simplex**
je Modul ist nur eine CE vorhanden. Diese Betriebsart wird unkritischen Funktionen zugeordnet.
- **Aktiv / aktive Reserve**
Besonders wichtige Anschlussmodule sind paarweise vorhanden. Beide Module arbeiten parallel und erzeugen die gleichen Ausgaben, wobei jedoch nur ein Modul aktiv genutzt wird.
- **Aktiv / Standby Reserve**
Besonders wichtige Anschlussmodule oder ACE sind paarweise vorhanden. Das Bereitschaftsmodul (oder ACE) erfasst die Ausgangsdaten des Aktivmoduls und aktualisiert seine eigenen Daten in bezug auf den laufenden Betrieb. Wenn das Aktivmodul ausfällt, kann das Bereitschaftsmodul dessen Funktionen sofort übernehmen.
- **Lastaufteilung (Load Sharing)**
Funktionen werden unter mehreren Anschlussmodulen bzw ACE aufgeteilt, die eine Gruppe bilden. Wenn eines der Anschlussmodule (oder ACE) ausfällt, wird die Arbeitslast unter den verbleibenden Modulen der Gruppe aufgeteilt.
- **Crossover (Kreuzmodus)**
über zusätzliche Hardware-Verbindungen sind jeweils zwei TCE mit zwei Modul-Anschlusssteilen paarweise geschaltet. Im Normalbetrieb ist jede TCE für die Steuerung ihrer Modul-Anschlusssteile zuständig. Sobald eine TCE ausfällt, übernimmt die andere TCE die Steuerung beider Modul-Anschlusssteile.
- **Reserve**
Pool von Reserve-ACE, um außer Betrieb gesetzte ACE (z.B. im Fall eines Fehlers) zu ersetzen, indem diese dann mit der benötigten Software geladen werden.

Einen Überblick über die Betriebsarten und die Funktionen einiger TCE und ACE im System S12 zeigt beispielhaft das **Bild 3-1**.

3.2 Identitäten (logisch / physikalisch)

Folie 3-2a

Zusammengehörige Funktionen sind in bestimmten Ausbaustufen jeweils **gruppenweise** zusammengefasst. So werden zum Beispiel zur Steuerung von insgesamt 1 536 analogen Teilnehmern

- * **Zwölf** Anschlussmodule ASM mit je 128 Analog-Anschlüssen
- * **Vier** Anschlussmodule für MF–Signalisierung
- * **Zwei** ACE für vermittlungstechnische Dienste
- * **Zwei** Sicherungs–ACE

benötigt. Um die Funktion innerhalb dieser Gruppe zu verwalten, wird entsprechend jede Funktion mit einer Nummer gekennzeichnet, die als **logische Identität** bezeichnet wird. Eine bestimmte logische Identität ist daher mit einer bestimmten Funktion verknüpft und derjenigen CE zugeordnet, die diese Funktion für **diese** Gruppe ausführt.

Jede CE ist an einem bestimmten Eingangspunkt des Koppelnetzes angeschlossen, der durch eine Reihe von Koordinaten definiert ist. Diese Koordinaten werden als **CE-Netzadresse** oder **physikalische Identität** bezeichnet.

Folie 3-2b

Die Beziehungen zwischen den logischen und physikalischen Identitäten der CE werden durch die **Konfigurationsdaten** beschrieben. Bei der Initialisierung der VE (über Systemladeband oder Platte) steuert ein entsprechender Datensatz das Laden der Software in die verschiedenen CE und ordnet dabei jeder CE logische und physikalische Identitäten zu. **Diese Beziehungen** zwischen den beiden Identitätstypen sind in **allen CE gespeichert** und werden bei Bedarf aktualisiert.

*Wenn z.B. eine **ACE ausfällt**, wird sie durch eine Reserve–ACE ersetzt. In einem solchen Fall wird die logische Identität der fehlerhaften ACE an die Reserve–ACE weitergegeben, sobald diese mit der entsprechenden Software von der Platte geladen ist.*

*Ebenso wird bei dem **Ausfall einer ASM–TCE** deren logische Identität der Partner–TCE im Crossover–Paar zugewiesen, die dann zwei logische Identitäten besitzt. Solche Änderungen werden dann **allen CE im System mitgeteilt**.*

4 Anschlussmodule

4.1 Allgemeine Struktur

Jedes Anschlussmodul (**Bild 4-1**) besteht grundsätzlich aus den beiden Teilen:

- **Modulsteuereinheit** (**TCE = Terminal Control Element**)
bestehend aus:
 - * **Zugangseinheit** (**TI = Terminal Interface**)
 - * **Prozessor mit Speicher**
- **Anschlussenteil**
im Normalfall passive Elemente gesteuert vom Prozessor,
ggf. auch mit eigener Baugruppensteuerung (**OBC = On Board Controller**),
ggf. auch mit zusätzlichem langsamen Prozessorbus

Die **Modulsteuereinheiten (TCE)** besitzen heute üblicherweise einen Prozessor Typ 80386 mit max. 32 MB Speicher, der die jeweiligen Operationen des Moduls steuert. Der Zugang zum Koppelnetz erfolgt über eine **Zugangseinheit (TI = Terminal Interface)**, die folgende Hauptfunktionen erfüllt:

- Bereitstellung einer **PCM-Schnittstelle** mit 4 Mbit/s (intern genormt, 16 bit je Datenwort) zwischen den Anschlussteilen des Modul und den PCM-Kanälen vom und **zum DSN**
- Port- und Kanaldurchschaltung über (intern genormte) PCM-Schnittstelle mit 4 Mbit/s von und **zu den Modulschaltkreisen** des Anschlussteils
- Übertragung von Datenpaketen von und **zu anderen CE**

Der **Anschlusssteil** umfasst eine oder mehrere Baugruppen mit Modulschaltkreisen, die zur Ausführung der jeweils zugeordneten Aufgaben des Anschlussmoduls notwendig sind. Der Anschlusssteil ist mit der TCE grundsätzlich über **zwei PCM-Leitungen** (16 bit breit, 4 Mbit/s) verbunden. Hierüber werden einerseits die Nutzkanäle in Richtung TI und Koppelnetz weitergeleitet und andererseits die **Steuerinformationen** zwischen den Modulschaltkreisen und dem Prozessor der TCE **im 16.Zeitschlitz** ausgetauscht. Bei einigen Modulen werden die Schaltkreise zusätzlich über einen langsamen Parallelbus direkt von der TCE gesteuert.

Zur Entlastung der TCE von Routineaufgaben existiert in einigen Anschlusssteilen darüber hinaus für die Modulschaltkreise eine eigene **Baugruppensteuerung** (**OBC = On Board Controller**), die bestimmte hardware-nahe Routinen (sogenannte Gerätesteuerprogramme) bearbeitet. Über eine Firmware-Standardschnittstelle wird der OBC benutzt, um folgendes zu ermöglichen:

- Dialog zwischen OBC und Prozessor der eigenen TCE (im 16.Zeitschlitz)
- direkte Bearbeitung von Kanälen durch die OBC
- Dialog zwischen OBC und anderen OBC und TCE über das Koppelnetz hinweg.

4.2 Beispiele von Anschlussmodulen

Folie 4-1

Die wichtigsten **Typen an Anschlussmodulen** sind:

- Anschlussmodul für **Analog-Teilnehmer** **ASM**
- Anschlussmodul für analoge Nebenstellenanlagen **ASM-ABX**
- Anschlussmodul für **ISDN-Basisanschluss-Teilnehmer** **ISM**
- Anschlussmodul für **Digital-Verbindungsleitungen**
mit kanalbezogener Zeichengabe **DTM**
- Anschlussmodul für **ISDN-Verbindungsleitungen**
und Protokollunterstützung **IPTM...**
 - * Digital-Verbindungsleitungen mit ZGS #7
 - * Anbindung an Datex-P-Netz
 - * ISDN-Primärmultiplex-Anschlüsse
 - * Datex-P im D-Kanal
 - * optische Anschlussleitungen (OPAL)
- Anschlussmodul für **MF-Signalisierung** **SCM**
- Anschlussmodul für **Zentralen Zeichenkanal** **CCM**
- Anschlussmodul für Bedienung und Wartung **CPM**
- Anschlussmodul für **Takte und Töne** **CTM**
- Anschlussmodul für Abgesetzte Periphere Einheit **RIM**
- Anschlussmodul für Kommunikationsdatenerfassung

Das **ASM** (= *Analoge Subscriber Module*)

wird eingesetzt, um bis zu 128 **Analog-Teilnehmer** (oder andere analoge Endgeräte) anzuschließen. Ein ASM umfasst acht Baugruppen "Teilnehmerschaltung", an die jeweils 16 Teilnehmer angeschlossen werden können. Das Anschlussmodul erfüllt alle Aufgaben zur Realisierung der 7 BORSCHT-Funktionen. ASM-Module werden aus Sicherheitsgründen stets paarweise und "Crossover" angeschlossen (**Bild 4-2**).

Das **ASM-ABX** (= *ASM for Automatic Branch Exchange*)

dient zur Anschaltung von **analogen Nebenstellenanlagen** über max. 30 Anschlussleitungen. Die Steuerung der Durchwahlanpassungssätze erfolgt hier nicht nur über den 16. Zeitschlitz der beiden internen PCM-Leitungen sondern über einen zusätzlichen **langsamen Prozessorbus** direkt auf die Sätze und den Generator für Wechselstromsignale (**Bild 4-3**).

Das **ISM** (= *ISDN Subscriber Module*)

ermöglicht den Anschluss von 64 **ISDN-Basisanschluss-Teilnehmern** (entspricht 128 Telefonkanälen wie beim ASM). Es stellt vermittlungsstellenseitig die sogenannte U_{K0} -Schnittstelle bereit, die zwei 64 kbit/s-Kanäle für Sprache oder Daten (B-Kanäle) und einen 16 kbit/s-Kanal für Zeichengabenachrichten (D-Kanal) umfasst. In zwei Baugruppen wird einmal die Schicht 1 (physikalischer Leitungsabschluss mit Codewandlung und Echokompensation) und die Schicht 2 (Sicherheit) bearbeitet,

während der Prozessor der Modulsteuerung die vermittlungstechnischen Funktionen der Schicht 3 des D-Kanal-Protokolls bearbeitet. ISM werden genau wie die ASM als Crossover-Paar aufgebaut.

Das **DTM** (= *Digital Trunk Module*)

ist die Schnittstelle einer **digitalen Verbindungsleitung** (DSV2 in 2 Mbit/s-PCM-Technik) mit dem System S 12. Das Modul bearbeitet als **Leitungsabschluss** (TRAC = *Trunk Access*) die Grundfunktionen:

- Taktgewinnung und Umwandlung des Leitungscodes
- Taktregenerierung
- Rahmensynchronisation und -erkennung
- Prüfung des Zyklischen Redundanz Codes CRC4
- Bereitstellen der internen 4 Mbit/s Schnittstelle zum TI hin

Vermittlungstechnisch werden inzwischen nur noch die sogenannten **CAS-Funktionen** (= *Channel Associated Signalling*) für Leitungen mit alten, sprechkreisgebundenen Signalisierungsarten, wie IKZ 50, R2 oder Nr.5, durchgeführt. Hierzu muss im Bedarfsfall jedoch das weitere "Anschlussmodul für Mehrfrequenzsignalisierung " wegen der separaten Bearbeitung der Tonfrequenzen mit eingebunden werden. Die Elemente für das Leitungsanschlussteil und die Modulsteuerung (TI und Prozessor) sind im DTM im Laufe der Weiterentwicklung auf nur noch 1 Baugruppe komprimiert zusammengefasst (**Bild 4-4**).

Das **IPTM...** (= *Integrated Packet Trunk Module ...*)

ist die Fortentwicklung des DTM. Es existiert inzwischen in einer großen Zahl von Varianten. Insbesondere dient es als Anschlussmodul für solche **digitalen Verbindungsleitungen** (DSV2), die mit **Zentralkanal-Zeichengabe** signalisieren.

Neben den leitungsseitigen Grundfunktionen (Takt, Synchronisation, usw) sowie den vermittlungstechnischen Funktionen **bzgl. der Schicht 4** (ISDN User Part) wird **derjenige** Zeitschlitz, der einen ZZK enthält, zur Bearbeitung der Schicht 2 und 3 des ZGS Nr. 7-Protokolls über das Koppelnetz semipermanent zum " Anschlussmodul für Zentralen Zeichenkanal " (*genauso wie im System EWSD*) weitergeleitet und zunächst **dort** bearbeitet. Als formal richtig erkannte Nachrichten werden von dort über das Koppelnetz zurück zum jeweils zuständigen Anschlussmodul des Nutzkanals gesendet und dort weiter bearbeitet.

Mit modifizierter Software werden die Module IPTM... auch für andere ISDN-Leitungen, die eine besondere **Protokollunterstützung** benötigen, eingesetzt. Dies sind beispielsweise ISDN-Primär-Multiplex-Anschlüsse zu digitalen Nebenstellenanlagen oder zu solchen ISDN-Teilnehmern, die im D-Kanal zusätzlich Paketdaten (X.25-Protokoll) übermitteln. Ebenso können an diese Module über die neue V.5-Schnittstelle für Glasfaseranschlüsse sogenannte "optische Teilnehmer" angebunden werden.

Das **SCM** (= *Service Circuit Module*)

stellt zentral alle Funktionen zum Senden bzw. zum Auswerten von **frequenzorientierten** Signalisierungsverfahren (**MFV** für analoge Anschlüsse mit Tastenwahl, analoge Zeichengabe **R2** und **CCITT Nr.5** auf internationalen Verbindungsleitungen) bereit. Dazu werden auf der Sendeseite PCM-codierte **Töne erzeugt** bzw. auf der Empfangsseite mittels digitaler Filterschaltungen die **Tonfrequenzen ausgewertet** (**Bild 4-5**). Über das Koppelnetz werden die Signalfrequenzen bei Bedarf an die jeweils anfordernden Anschlussmodule weitergeleitet.

Das **CCM** (= *Common Channel Module*)

kann max 8 ZZK des **Zeichengabesystems Nr.7** bearbeiten. Dazu wird der Zeichenkanal, der in einem beliebigen IPTM ankommt, über einen festen Kanal durch das Koppelnetz und die Modulsteuerung des CCM auf die Anschlusssteil-Baugruppe **SLT** (= *Signalling Line Termination*) geschaltet (**Bild 4-6**).

Hier wird in einem eigenen Prozessor die ZZK-Nachricht bezüglich der **Schicht 2** (Datensicherheit) und in einem OBC-Prozessor bzgl. der **Schicht 3** (Nachrichtenverteilung auf Grund der Zieladresse) ausgewertet. Abhängig vom Ergebnis wird die Nachricht im Transferfall einer SLT zur weiteren Absendung oder aber zu der User Part-Funktion des betroffenen IPTM, an dem der Nutzkanal angeschlossen ist, weitergeleitet. Sofern es sich um eine Netzmanagement-Nachricht (formal auch Schicht 3) handelt, wird diese zu einer besonderen ACE weitergeleitet.

Das **CTM** (= *Clock and Tones Module*)

stellt zentral alle benötigten **Töne** und insbesondere den **Grundtakt** bereit, der für die synchronisierte Bearbeitung in allen Netzteilen und in jedem einzelnen Bauelement zwingend notwendig ist:

- **8,192-MHz-Bezugstak-Signal** (abgeleitet aus Referenztaktsignal der übergeordneten Vermittlungsstelle)
- **Töne** (Wählton, Besetztton usw.)
- **Uhrzeit** (Echtzeit im Takt von 100 ms)

Weil diese Funktionen für den Betrieb einer VE so wichtig sind, sind CTM immer paarweise aufgebaut und arbeiten in der Betriebsart "aktive Reserve". Im **Bild 4-7** erkennt man, dass für die **Verteilung** der Takte und Töne zu den Steuereinheiten (CE) und Koppelnetzbausteinen (SWEL) **separate PCM-Leitungen** (zwei parallele Verteilungszweige) **außerhalb des Koppelnetzes** benutzt werden. Diese Takt-/Tonleitungen werden über **Port 5 der TI** den Steuereinheiten zugeleitet. Dieses permanent vorhandene, separate Verteilungsnetz wird zur Beschleunigung beim Hochladen einer Vermittlungsstelle (Initialisieren der Software in allen Steuereinheiten) neuerdings **mitbenutzt**.

Eine Baugruppe "Digital-signal-Generator" erzeugt die Töne, die in einer VE verwendet werden, und multiplext sie zusammen mit allen weiteren externen Signalen (z.B. Ansagen, die von der Baugruppe "Digital-Ansagen" erzeugt werden) und den Uhr-

zeit-Informationen. Der Empfang der Taktsignale wird überwacht und ggf. ein Alarm gegeben.

Das **RIM** (= *Remote Interface Module*)

bildet die Schnittstelle zu einer **APE** (= **Abgesetzte Periphere Einheit**). Bei der Hardware handelt es sich im Prinzip um ein Anschlussmodul DTM, da eine APE über eine übliche PCM-Strecke angebunden ist. Die APE wird als örtlich entfernter **Anschlusskonzentrator** (Faktor 8:1) für analoge und/oder digitale Anschlüsse eingesetzt.

Der Zeichengabeaustausch zwischen APE und RIM erfolgt im 16.Zeitschlitz nach dem ZGS Nr.7-Standard. Normalerweise sind jeweils zwei RIM zu einem Paar (Lastaufteilung) zusammengefasst (**Bild 4-8**).

5 Funktionssteuereinheiten

Übergeordnete Funktionen, die rein softwaremäßig abgearbeitet werden können, sind in einer Vielzahl von **Funktionssteuereinheiten** (**ACE** = *Auxiliary Control Element*) verteilt. Diese Funktionen werden bei Bedarf von den Prozessoren der Anschlussmodule angefordert, in dem für **jeden** notwendigen Datenaustausch eine neue Verbindung zwischen den beteiligten CE über das Koppelnetz hergestellt wird. Nur für besondere Anwendungsfälle existieren auch semipermanente Verbindungen durch das Koppelnetz.

Einige Beispiele für ACE sind:

- ACE für Analyse der Vorwahlziffern
- ACE für Teilnehmeridentifizierung
- ACE für das Verwalten von Teilnehmerdaten
- ACE für den Verbindungsauf- und -abbau von analogen Teilnehmerleitungen
- ACE für den Verbindungsauf- und -abbau von ISDN-Teilnehmerleitungen
- ACE für den Verbindungsauf- und -abbau von Verbindungsleitungen
- ACE für Gebührenerfassung
- ACE für Auslandsregistrierung
- ACE für die Datenbank
- ACE für Leitungsverwaltung
- ACE für Geräteverwaltung
- ACE für das Verkehrsmessen
- ACE für ZZK-Netzmanagement
- ACE für Kommunikation zu einem Network Service Center (Betriebsführung)

Folie 5-1

Die ACE werden manchmal auch zusammengefasst unter den Sammelbegriffen:

- * Vermittlungs-ACE
- * System-ACE
- * Reserve-ACE

6 Digital-Koppelnetz

6.1 Koppelnetzbaustein

Basis des S 12-Koppelnetzes ist ein **spezieller Koppelnetzbaustein (SWEL = *Switching Element*)**, der folgende Funktionen enthält:

- **16 Ports** zum Anschluss für doppeltbreite PCM-Systeme
(32 Kanäle, 16 bit breit → **4 Mbit/s**)
- wahlfreie Vermittlungsfunktion als **Raum- und Zeitstufe**
- Logik für **autonome Wegesuche** und Wegedurchschaltung
- Synchronisation, Überwachung

Dieser kundenspezifische Baustein (**Bild 6-1**) enthält 11 500 Transistorfunktionen in NMOS-Technologie und ist auf 1 Baugruppe montiert. Er wird in **allen** Stufen des Koppelnetzes eingesetzt, wobei lediglich die Beschaltung der Ports variiert. Der Vermittlungsvorgang für alle $16 \times 32 = 512$ Zeitschlitze kann beliebig als Zeit- oder Raumstufe gesteuert werden. Damit kann man den Inhalt eines ankommenden PCM-Kanals völlig wahlfrei zu einer **anderen Kanalzeit** auf einer **anderen Verbindungsleitung** absenden (**Bild 6-2**). Um die notwendigen Steuerbefehle darstellen zu können, werden im gesamten System S12, und damit auch im Koppelnetz, statt der für Nutzdaten eigentlich nur notwendigen 8 bit stattdessen stets **16-bit-breite Worte** übertragen. Damit ergibt sich je Port ein **4,096-Mbit/s-Signal**.

Den Inhalt dieser Worte

- ⇒ Befehle zum **Verbindungsaufbau** durch das Koppelnetz zum Zwecke
- des Austausches von **Informationen** zwischen den CE
 - der Weitergabe von **Nutzdaten** (Sprache, Daten, Bilder usw.)

bestimmen die **sendenden** TCE bzw. ACE, die ihrerseits die **Zieladressen aller** übrigen **CE** des Systems kennen. Der Verbindungsaufbau durch das Koppelnetz wird somit von den peripheren Modulen und nicht durch eine zentrale Koppelnetzlogik gesteuert !!

Der Inhalt jedes PCM-Kanals wird bei seiner Ankunft in einen Speicher innerhalb des SWEL (**Bild 6-3**) eingelesen und dann in der gewünschten Kanalzeit, zwecks weiterer Übertragung zum geforderten Ziel, ausgelesen. Die ersten zwei Bits der 16 Bits in jedem Kanal werden als **Protokollbits** (Statusbit) bezeichnet und haben die Bedeutung:

- | | | |
|------|---|------------------|
| • 00 | frei | IDLE-Protokoll |
| • 01 | Wegaufbau (auswählen) | SELECT-Protokoll |
| • 10 | Wegauslösung oder
Meldungstransfer von CE zu CE | ESCAPE-Protokoll |
| • 11 | Sprache und Daten | SPATA-Protokoll |

Innerhalb des SELECT-Protokolls haben die weiteren Bits folgende Bedeutung:

- 4 bit (mit eigenen Adressleitungen) für **Zielport** (1 von 16 Ports)
- 5 bit (mit eigenen Adressleitungen) für **Zielkanal** (1 von 32 Kanälen)
- 4 bit für die **Vermittlungsfunktion**
 - * fixed Port / fixed Channel
 - * fixed Port / any Channel
 - * any Port / any Channel (Sendeport wählt selber aus)

Auf Grund dieser Angaben im SELECT-Protokoll legt in jeder Koppelstufe der **SWEL-Baustein selber fest**, über welchen Ausgang die Nachricht zur nächsten Koppelstufe weitergeleitet wird. Jeder erfolgreiche Verbindungsversuch wird **der steuernden CE als Antwort** im 16.Zeitschlitz **zurückgemeldet**, die daraufhin den Steuerbefehl für die **nächste** Koppelstufe sendet. Bei einem nicht erfolgreichen Verbindungsversuch wird von der Zielstufe dem vorherigen SWEL-Baustein eine negative Antwort (NACK) im 16.Zeitschlitz zurückgemeldet. Dieser wählt daraufhin ggf. (sofern die Vermittlungsfunktion im SELECT-Protokoll dies erlaubt) einen anderen Weg zur nächsten Koppelstufe aus.

Bild 6-4 und **Bild 6-5** zeigen zwei Beispiele einer Übertragung von Meldungen bzw. von Sprache durch das Koppelnetz.

Sobald die gewünscht Verbindung in **Vorwärtsrichtung** von der Ursprungs-CE zur Ziel-CE aufgebaut ist, veranlasst üblicherweise die Ziel-CE in gleicher Weise den **Aufbau der Rückwärtsrichtung** zur Ursprungs-CE. Es entstehen für beide Richtungen zwangsläufig unterschiedliche Wege durch das Koppelnetz. Erst danach ist eine **duplexfähige Verbindung**, die auch Quittungsverkehr erlaubt, eingerichtet.

6.2 Koppelnetzstruktur

Das Koppelnetz des System S12 ist **4-stufig** und in **Umkehrgruppierung** aufgebaut. Aus **Bild 6-6** erkennt man folgende Stufen:

- **Zugangskoppelfeld** (**AS** = *Access Switch*) (**Stufe 0**)
- **Hauptkoppelfeld** (**GS** = *Group Switch*)
 - * **Teilkoppelfelder** (**Stufe 1 und 2**)
 - * **Koppelblöcke** (**Stufe 3**)

Die einzelnen Stufen sind untereinander nach bestimmten Regeln verlinkt. Das **Hauptkoppelfeld** kann max. aus **4 Ebenen** bestehen, die identisch strukturiert sind. Diese Modularität ermöglicht es, dass man je nach Einsatzfall entweder im Zugangskoppelfeld die Zahl der Eingangselemente (abhängig von der Anzahl der angeschlossenen Module) oder im Hauptkoppelfeld die Zahl der Verbindungswege (abhängig vom Erlangwert) in bestimmten Grenzen beliebig erhöhen kann.

Alle Anschlussmodule und Funktionssteuereinheiten werden am **Zugangskoppelfeld** doppelt an einem **AS-Paar** angeschlossen. Damit hat jedes Modul die Wahl zwischen zwei Eingangswegen in das Koppelnetz hinein, wodurch die Blockierungswahrscheinlichkeit erheblich verringert wird. Für die Anwendung als AS werden die Ports des SWEL wie folgt beschaltet:

- Port 0 bis 7 zur Anschaltung von **8 Anschlussmodulen**
- Port 12 und 13 zur Anschaltung des "**Anschlussmoduls für Bedienung und Wartung**"
- Port 14 und 15 zur Anschaltung von **Funktionssteuereinheiten (ACE)**
- Port 8 bis 11 zur Anschaltung an die 4 Ebenen des **Hauptkoppelfeldes**

Im **Hauptkoppelfeld** (Group Switch in der Stufe 1 und 2) werden die Ports der SWEL-Bausteine gleichmäßig mit 8 Eingangs- und 8 Ausgangs-PCM-Systemen beschaltet, so dass eine hohe Durchschaltewahrscheinlichkeit erreicht wird. Der Algorithmus, der diese Verlinkung definiert, lautet:

- * SWEL-Nummer der 1.Stufe = Port-Nummer der 2.Stufe
- * Port-Nummer der 1.Stufe minus 8 = SWEL-Nummer der 2.Stufe.

Die dritte Koppelstufe wird dann aufgebaut, wenn mehr als ein Teilkoppelfeld vorhanden ist. Obwohl bereits 1 Koppelblock alle Teilkoppelfelder miteinander verbindet, wird die Stufe 3 stets mit 8 Koppelblöcken vollständig aufgebaut, um die Anzahl der möglichen Wege durch das Koppelnetz zu vergrößern. In **großen Koppelnetzen** werden bis zu 4 gleichartige Ebenen aufgebaut, die über die Ports 8 bis 11 der AS angesteuert werden können.

Ein Verbindungsweg durch das Koppelnetz dringt nur bis zu der Koppelstufe ein, bis der **Umkehrpunkt** erreicht wird, von dem aus die Verbindung zur Ziel-CE aufgebaut werden kann. Die Anzahl von Stufen, die gebraucht werden, um den Umkehrpunkt zu erreichen, wird von der Ursprungs-CE bestimmt, die einen Vergleich zwischen ihrer eigenen Adresse und der Adresse der Ziel-CE durchführt. Daraus wird der notwendige **Satz an Einstellbefehlen** abgeleitet.

Bei einer **Kurzverbindung** können dies 1, 3 oder 5 Befehle sein, bei einer Langverbindung über alle 4 Stufen sind es 7 Befehle. Es gibt stets mehrere Wege zwischen der Ursprungs-CE und dem Umkehrpunkt, aber nur einen Weg zwischen dem Umkehrpunkt und der Ziel-CE.

Der tatsächlich eingeschlagene Weg wird von den SWEL-Bausteinen in **autonomer Wegeauswahl** auf Grund der Angaben im SELECT-Befehl bestimmt.

7 Software

7.1 Grundprinzipien

Die Zukunftssicherheit und Flexibilität des Systems, die sich bei der Hardware im modularen Aufbau und in der besonderen Arbeitsweise des Koppelfeldes zeigen, findet in der Software durch völlig neue Ansätze ihre konsequente Fortsetzung. Insgesamt ist die Software in **5** große **Funktionsbereiche** aufgeteilt:

Folie 7-1

- **Betriebssystem und Datenbank**
 - * Eingabe / Ausgabe
 - * Laden und Initialisierung
 - * Takte, Töne, Uhrzeit
- **Verbindungsbearbeitung**
 - * Verbindungssteuerung
 - * Verkehrlenkung
- **Vermittlungstechnische Hilfsprogramme**
 - * Zeichengabe
 - * Gebührenerfassung, Registrierung
 - * Paketdaten-Vermittlung
 - * ergänzende Dienstfunktionen
- **Verwaltung**
 - * Verwalten von Beschaltungseinheiten
 - * Nachrichtennetz-Management
 - * Verkehrsmessung
 - * Benutzerführung
- **Wartung**
 - * Systemsicherung
 - * Multiprozessführung
 - * Anschluss- / Verbindungsleitungsprüfung

Die verschiedenen Software-Module (Programme) verteilen sich auf die CE der verschiedenen Hardware-Module, wobei jede CE üblicherweise die Software-Module **resident enthält**, die sie für ihre **eigenen** Aufgaben benötigt. Daneben werden selten gebrauchte oder sehr umfangreiche Programme (z.B. Testprogramme) in Hintergrund-Massenspeichern gehalten und erst bei Bedarf im Overlay-Modus geladen. Ein Beispiel für die **Verteilung der Software** ist im **Bild 7-1** dargestellt. Der jeweilige Anteil der in den CE verteilten Software ist durch unterschiedlich schraffierte Bereiche gekennzeichnet.

Die notwendigen Funktionen der Software sind nach folgenden Grundprinzipien strukturiert und programmiert:

- Aufteilung der Funktionen in kleine, unabhängige Software-Module
↳ **FMM** (= *Finite Message Machines*)
- Entlastung der FMM bzgl. Routineaufgaben durch
↳ **SSM** (= *System Support Machines*)
- Entlastung durch hardware-nahe Software nach dem Prinzip der
↳ **virtuellen Maschinen** (Gerätesteuerprogramme)
- Kommunizieren zwischen den Software-Modulen nur mit festgelegten
↳ **Meldungen** (= *Messages*)

7.2 Finite Message Machines

Die Software-Module "Finite Message Machine (**FMM**)" sind die Grundbausteine der Softwarestruktur des Systems S12. Eine FMM

- dient einer bestimmten (abgegrenzten) **Funktion**
- kommuniziert mit anderen FMM nur über definierte **Meldungen**
- erscheint den anderen FMM als "Black Box"
- kann sich in einem von mehreren unterschiedlichen **Zuständen** befinden, für die dann jeweils nur ein bestimmter Satz von Meldungen anwendbar ist.

Am Beispiel in **Bild 7-2** ist dargestellt, dass diese FMM

- die Meldungen A, B und C **empfangen**
- die Meldungen D und E **senden**
- und die **Zustände** INIT STATE, STATE B_REC und STATE C_REC einnehmen kann.

Um die Meldung D zu senden, muss die FMM entweder die Meldung A alleine oder aber die Meldung C und dann die Meldung B empfangen haben.

Um die Meldung E zu senden, muss die FMM die Meldung B vor der Meldung A empfangen haben.

Jede FMM besteht grundsätzlich aus den beiden Teilen

- **Prozessdefinition** Teil mit reinem Code
- **Prozessdaten** Teil mit reinen Daten

Die Ausführung einer Prozessdefinition unter Berücksichtigung der zugehörigen Prozessdaten wird als **Prozess** bezeichnet.

Die Prozessdaten existieren als **relationale Datenbank** (zweidimensionale Matrix), die von den verschiedenen Programmen genutzt werden können. Wegen der modularen Struktur der S12-Software kann dieselbe Dateneinheit von verschiedenen FMM genutzt werden, die nicht notwendigerweise Teil desselben Software-

Subsystems sein müssen. Ebenso können die FMM, auf Grund der umfangreichen verteilten Steuerungen, in verschiedenen CE resident sein. Die Funktion der **Datenbanksteuerung** (DBCS) ist es, Datenanforderungen von den FMM (in Form von Prozeduraufrufen) zu empfangen, diese Daten zu suchen und sie dem Anforderer zu übermitteln.

7.3 System Support Machines, Gerätesteuerprogramme

Eine "System Support Machine (**SSM**)" ist ein Softwaremodul, das aus einer Reihe von **Routinen** besteht, die eine Unterstützungsfunktion für eine oder mehrere FMM bereitstellen. Diese Routinen werden durch Prozeduraufrufe von FMM oder aber vom Betriebssystem gestartet. Innerhalb einer SSM sind folgende Routinetypen (**Bild 7-3**) vorhanden:

- **Schnittstellen–Routinen**

Damit ein Prozess von Schnittstellen–Routinen Gebrauch machen kann, müssen der Prozess und die SSM in derselben CE resident sein

- **Periodische Routinen**

Im wesentlichen für die Abfrage von vermittlungstechnischen Einheiten benutzt. Während des Ablaufs der periodischen Routinen werden Interrupts maskiert. Diese Routinen werden deshalb in bezug auf ihre Ausführungszeit so kurz wie möglich gehalten (typisch 100 ms), um zu gewährleisten, dass jedes Interrupt–Ereignis bearbeitet wird.

- **Interrupt–Routinen**

- **Ereignisbehandlungs–Routinen**

ohne genaue Zeitvorgaben zur Vorbereitung von Meldungen.

Die **Gerätsteuerprogramme** sind vom Typ her auch SSM; für bestimmte hardware-nahe Schaltvorgänge entlasten sie die Modulsteuereinheiten von Routineaufgaben. Die Kombination des Gerätesteuerprogramms mit der eigentlichen Hardware des Anschlussteils stellt eine **virtuelle Maschine** dar. Dadurch können sich die Hardware-Komponenten weiterentwickeln (Technologiefortschritt), ohne dass es gravierende Auswirkungen auf die übrige Software hat.

7.4 Meldungen

Der Datentransfer zwischen verschiedenen Teilsystemen wird, unabhängig davon, ob sie in derselben CE resident sind oder nicht, durch die vom Betriebssystem bereitgestellten Dienste koordiniert und erfolgt mit Dateneinheiten, die als **Meldungen** (= **Messages**) bezeichnet werden. Dieser Ansatz führt dazu, dass die Software unabhängig von Änderungen der Hardware ist und auch die Einführung neuer und/oder zusätzlicher Eigenschaften und Merkmale leicht möglich ist. Die zwischen den FMM übertragenen Meldungen sind in einer 64-Byte-Datenstruktur angeordnet, die als **Meldungspuffer** bezeichnet wird. Jede CE besitzt einen Pool mit solchen Meldungspuffern. Die Meldungsstruktur besteht aus folgenden Teilen:

Folie 7-5

- **Meldungskopf** (16 Bytes)
leitet die Meldung zur Ziel-FMM
- **Hauptteil** (48 Bytes)
mit 40 Bytes für die Text- oder aktuelle Meldungsinformation
sowie 8 Bytes für die Benutzung durch das Betriebssystem.

Wenn eine FMM eine Meldung senden will, fordert sie einen freien Meldungspuffer vom Pool an. Als Antwort sendet das Betriebssystem einen Zeiger mit der Startadresse des Puffers, der von der FMM benutzt werden soll. Ein Zeiger wird ebenfalls der Ziel-FMM übermittelt, damit diese die Meldungsdaten lesen kann.

Der zu durchlaufende Weg einer Meldung wird von einem als "Verkehrslenkung" bezeichneten Algorithmus festgelegt. Das Ergebnis der Verkehrslenkung kann ein

- "interner" Weg Kommunikation in derselben CE
- "externer" Weg Kommunikation zwischen verschiedenen CE,
dafür muss ein Weg über das Koppelnetz aufgebaut werden

sein. Zusätzlich zu dem negativen Quittungsmechanismus (NACK), der im Koppelnetz dann benutzt wird, wenn ein Verbindungsweg nicht hergestellt werden kann, verwendet das Betriebssystem ein Fehlerschutzprotokoll.

Folie 7-6

Die von den FMM im Koppelnetz verwendeten Wege sind vom Typ her:

- **Virtuelle Wege** (*kurzfristig*)
dies sind **temporäre Wege**, die lediglich für die Übertragung einer oder mehrerer zusammenhängender **Meldungen** zwischen den CE benutzt und dann wieder freigegeben werden. Zumeist doppelt gerichtet, da auch Quittungen ausgetauscht werden.
- **Fest eingerichtete Wege**
dies sind stets **doppelt gerichtete Wege**, die zwei Prozessen zugeordnet sind. Dieser Wegetyp wird in erster Linie zur Erstellung eines **Gesprächsweges** zwischen Teilnehmern oder Verbindungsleitungen, oder aber zur Erstellung eines Übertragungsweges für laufend anfallende oder aber große Datenmengen zwischen zwei CE benutzt.

8 Verbindungsaufbau

Das **Zusammenspiel** der Hardware-Komponenten soll an einem einfachen Beispiel dargestellt werden. Hierbei baut ein analoger Teilnehmer (A-TIn) mit seinem Tastenwahlapparat ein Ortsgespräch zu einem weiteren analogen Teilnehmer (B-TIn) auf, der an derselben DIV-TVSt angeschlossen ist. Die beteiligten Module werden zur besseren Unterscheidung jeweils mit A oder B bezeichnet; es werden insgesamt jedoch nur die **wichtigsten** Schritte (1 bis 32) erläutert (**Bild 8-1**).

Trotzdem geht aus dem Zusammenspiel deutlich hervor, wie groß und kompliziert wegen der **dezentralen Systemstruktur** des Systems S12 der **Informationsfluss** ist, der zwischen den vielen Steuerungen in der jeweils aktuellen Phase der Verbindung notwendig ist.

Für jeden Austausch von Meldungen zwischen den betroffenen Steuerungen wird üblicherweise jeweils eine **temporäre, duplexfähige Verbindung** (bestehend aus 2 getrennten Simplex-Verbindungen) durch das Koppelnetz hergestellt, da in der Rückwärtsrichtung zumeist Quittungsmeldungen oder Antworten ausgetauscht werden.

Im **Ruhezustand** sind zunächst alle Einrichtungen (Koppelnetz, Anschluss-Module und ACE) passiv und ohne interne Verbindungen.

In den nachfolgenden Schritten 1 bis 25 erfolgt dann die **Aufbauphase** zwischen den beiden Telefonanschlüssen.

Mit der Weiterleitung des Beginnzeichens beginnt dann die **Gesprächsphase** in Schritt 26.

Das Auflegen des Telefonhörers durch den A-TIn leitet dann zum Schluss in Schritt 30 die **Abbauphase** ein.

1. Der analoge A-TIn hebt seinen Telefonhörer ab (**Verbindungswunsch**) und bewirkt damit auf der Anschlussleitung einen **Schleifenschluss**.
2. Die A-ASM-TCE erkennt die **Belegung** der Anschlussleitung. Sie legt für diesen Verbindungsaufbau einen **Transaktions-Steuerblock** fest, unter dem alle weiteren Aktionen eindeutig diesem Prozess zugeordnet werden können.
3. Danach macht sie eine **Meldung** (Belegungsinfo und Anschlusslage des A-TIn) zur zugeordneten Vermittlungs-ACE (A-ACE).
4. Die A-Vermittlungs-ACE ermittelt aus der Anschlusslage die **Rufnummer** und **Teilnehmerklasse des A-TIn**.
5. Sie signalisiert deshalb an eine System-ACE, dass ein MF-Empfänger benötigt wird (*Klasse = analoger TIn mit Tastenapparat*).
6. Die System-ACE bestimmt einen gerade freien MF-Empfänger aus der passenden Identitätsgruppe für die weitere Aufnahme der Signalton-Frequenzen.
7. Sie übermittelt dem ausgewählten MF-Empfänger die notwendigen Anschlussdaten für die weitere Arbeit.

8. Die A-SCM-TCE baut durch das Koppelnetz eine Verbindung zur A-ASM-TCE auf. Über diesen Weg legt sie beim A-TIn den **Wählton** (*der ihr außerhalb des Koppelnetzes aus dem CTM-Modul bereitgestellt wird*) an und erwartet die Zifferwahl des A-TIn.
9. Der A-TIn sendet seine 1. Ziffer, die zur durchgeschalteten A-SCM-TCE weitergegeben wird.
10. Nach **Empfang der 1. Ziffer** schaltet die A-SCM-TCE den Wählton wieder ab. Außerdem leitet sie die empfangene Ziffer (*decodiert*) an ihre A-Vermittlungs-ACE weiter.
11. Die A-Vermittlungs-ACE übergibt die 1. Ziffer zur **Vorwahlziffern-Analyse** an eine System-ACE. Diese gibt als Meldung die Antwort zurück, wie viele Ziffern aufgenommen werden sollen, bevor eine **erneute Zifferauswertung** vorgenommen wird. Dies ist abhängig davon, ob es sich um ein Orts-, Fern-, Auslands- oder Mehrwertdienste-Gespräch handelt.
12. *Dieser Informationsfluss zwischen A-ASM-TCE, A-SCM-TCE, A-Vermittlungs-ACE und den System-ACE wiederholt sich solange, bis die System-ACE erkannt hat, dass im unterstellten Beispiel die **gewählte Rufnummer** einem Teilnehmer an der eigenen TVSt gehört und die Wahl damit abgeschlossen ist.*
13. Mit Eintreffen der **letzten Ziffer** erkennt die System-ACE, dass die B-TIn-Rufnummer in derselben Vermittlungsstelle angeschlossen ist und meldet dies der A-Vermittlungs-ACE.
14. Daraufhin weist die A-Vermittlungs-ACE die A-SCM-TCE an, den Ton-Empfänger abzuschalten und den Weg durch das Koppelnetz (Pkt 8) freizugeben.
15. Zusätzlich informiert sie die A-ASM-TCE über die gewählte B-TIn-Rufnummer.
16. Eine der System-ACE ermittelt aus der Rufnummer des B-Teilnehmers dessen **Anschlusslage** an einer B-ASM-TCE und übermittelt dieses Ergebnis an die A-ASM-TCE. Zusätzlich übermittelt sie als **Tarif-Merkmal** "Citytarif".
17. Die A-ASM-TCE baut daraufhin durch das Koppelnetz den **Sprechweg zur B-ASM-TCE** des B-Teilnehmers auf und übergibt als Zieladresse die Positoinsnummer des B-TIn.
Zusätzlich übermittelt sie die eigene Koppelnetz-Adresse an die B-ASM-TCE.
18. Die B-ASM-TCE baut daraufhin ihrerseits den 2. Simplex-Weg in Gegenrichtung zur A-ASM-TCE auf , so dass zwischen beiden Anschluss-Modulen über das Koppelnetz hinweg ein **duplexfähiger Sprechweg** entsteht.
19. Auf Grund der empfangenen B-TIn-Adresse meldet die B-ASM-TCE diesen Anschluss an ihre B-Vermittlungs-ACE als "besetzt" und informiert auch über die zugehörige A-TIn-Adresse.
20. Die B-Vermittlungs-ACE sendet diese Belegungsinformation an die A-Vermittlungs-ACE.
21. Die A-Vermittlungs-ACE weist daraufhin ihre A-ASM-TCE an, den **Sprechweg** im Terminal Interface TI **durchzuschalten**.

22. Zusätzlich weist die A-Vermittlungs-ACE die B-Vermittlungs-ACE an, die Anschaltungen der Rufspannung (*Klingeln*) zum B-TIn sowie des Freitons für den A-TIn zu veranlassen.
23. Die B-Vermittlungs-ACE sendet dies als Befehl an die B-ASM-TCE weiter.
24. Die B-ASM-TCE nimmt die Rufanschaltung (**Klingeln**) zum B-Teilnehmer vor und legt den **Freiton** (*über den in Pkt. 18 bereits aufgebauten Rückkanal*) zum A-Teilnehmer an.
25. Das **Abheben des Telefons** (Schleifenschluss auf B-TIn-Anschlussleitung) wird von der B-ASM-TCE erkannt. Damit ist die Gesprächsverbindung hergestellt und es beginnt nun die **Gesprächsphase**.
26. Der Schleifenschluss wird von der B-ASM-TCE als **Beginnzeichen** an die B-Vermittlungs-ACE weitergegeben.
27. Die B-Vermittlungs-ACE gibt dieses Beginnzeichen an die A-Vermittlungs-ACE weiter.
28. Diese leitet ihrerseits die Meldung an die A-ASM-TCE weiter.
29. Die weiteren **Gebühreneinheiten** werden in der A-ASM-TCE auf Grund des schon vorher empfangenen Tarif-Merkmals erzeugt und während des Gesprächs gespeichert.
(*Diese Funktion wird heute nur noch benötigt, um ggf. beim A-TIn zusätzlich die Gebühren als Information anzuzeigen*)
30. Die **Beendigung** des Gesprächs wird in der betreffenden A-ASM-TCE erkannt (*Schleife auf A-TIn-Anschlussleitung durch Auflegen des Hörers wieder geöffnet*) und führt zur **Abbauphase**.
31. Die A-ASM-TCE führt daraufhin die **Freischaltung** der simplex **Koppelnetzverbindung** zur B-ASM-TCE durch und veranlasst die B-ASM-TCE, das Gleiche für die Gegenrichtung zu tun.
32. Das Gebührenaufkommen wird bei Gesprächsende zu einer weiteren System-ACE gesendet, wo der A-Teilnehmerzähler entsprechend aufaddiert wird.
(*Diese Funktion wird heute nicht mehr benötigt, da die Rechnungserstellung grundsätzlich durch den je Gespräch aufgezeichneten Kommunikationsdatensatz (KDS) erfolgt*)