Informatik-Spektrum (1988) 11: 9–28

Informatik Spektrum
© Springer-Verlag 1988

Digitale Nebenstellenanlagen und lokale Netze*

B. Walke

FernUniversität Hagen

Zusammenfassung. Der Beitrag erläutert Merkmale von ISDN-Nebenstellenanlagen bzw. lokalen Netzen, behandelt und vergleicht ihre Eignung für unterschiedliche Anwendungen und trägt dazu bei zu klären, für welche das eine oder andere System besser geeignet ist. Weiter wird die geplante zukünftige Entwicklung öffentlicher Fernnetze einbezogen und dargestellt, welche Eigenschaften nötig und zu erwarten sind, um lokale Übermittlungssysteme untereinander zu verbinden.

Schlüsselwörter: Lokale Netze, Nebenstellenanlagen, ISDN, Zeitmultiplexübertragung, Vermittlung, Eignung für Dienste, Kopplung von Netzen

Summary. The paper explains important characteristics of ISDN branch exchanges and local area networks and compares their suitability for serving differing applications, whereby the strengths and weaknesses of these local systems are highlighted. Further, the expected evolution of public telecommunication networks are taken into account and the properties required of local systems to interconnect them via public networks are discussed.

Key words: Centralized/distributed networks, Protocol architecture, Public networks, Local networks, Performance attributes

Computing Reviews Classification: C.2.1, C.2.2, C.2.3, C.2.5, C.4

1. Einleitung

Die Verfügbarkeit kostengünstiger Mikroprozessoren hat dazu geführt, daß die an Postnetze angeschlossenen Endgeräte mit der erforderlichen Intelligenz ausgestattet werden können, um eine Vielfalt neuer Dienste wie Teletex, Telefax, Btx, Telebox usw. zu ermöglichen. Im lokalen Bereich ergeben sich dabei Arbeitsmöglichkeiten, die in vielen Fällen den Einsatz datenvermittlungstüchtiger, digital übertragender Nebenstellenanlagen (DNStAn) rechtfertigen, um Postgebühren zu sparen. In Erwartung der Einführung des dienstintegrierenden digitalen Netzes ISDN verfügen solche Anlagen heute schon über Leistungsmerkmale, die durch Fernnetze erst in den nächsten 20 Jahren flächendeckend verfügbar sein werden, nämlich die digitale Teilnehmerschnittstelle mit 144 kbit/s Übertragungsrate gemäß CCITT I.400 und kanalvermittelte Übertragung. Damit ist es möglich, alle genannten Dienste wahlweise über dieselbe Steckdose zu beziehen und ein Multifunktionsterminal für Sprach-, Daten- und Textkommunikation anzuschließen, so daß viele Anwendungen der lokalen Datenverarbeitung und Büroautomatisierung abgedeckt werden können (Abb. 1). Entsprechende Entwicklungen wurden von der Fernmeldeindustrie vorangetrieben.

Im Anwendungsbereich Datenverarbeitung stellt man seit etwa zehn Jahren eine rasche Verbreitung von Mini- und Mikrorechnern fest, die insbesondere in der kaufmännischen Datenverarbeitung, der Entwurfsautomatisierung, Prozeßüberwachung, Laborautomatisierung und wiss. Forschung Anwendung finden. Diese Abteilungs-, Arbeitsplatz-, Automatisierungs- und Forschungsrechner bedürfen in der Regel einer Kopplung untereinander, die zur Entwicklung unterschiedlichster Typen von bitparallel bzw. -seriell übertragenden, meist nur lokal einsetzbaren Übermittlungssystemen – den lokalen Netzen (LAN) – geführt hat.

Sie haben durch die Standardisierung wichtiger Funktionen der Teilnehmerschnittstelle (vgl. [3, 12]) und die Entwicklung entsprechender Produkte durch Rechnerhersteller eine Reife erreicht, die sie als vollwertige lokale Datenübermittlungssysteme ausweisen. Die von ISDN-NStAn und LAN-Systemen abdeckbaren Anwendungen überschneiden sich insbesondere bei der Büroautomatisierung, so daß eine Konkurrenzsituation entstanden ist, die noch zusätzlich dadurch belastet wird, daß auch Rechnerhersteller wie IBM

* Verkürzte Fassung des Tutoriums „Kommunikation in verteilten Systemen“ Aachen '87

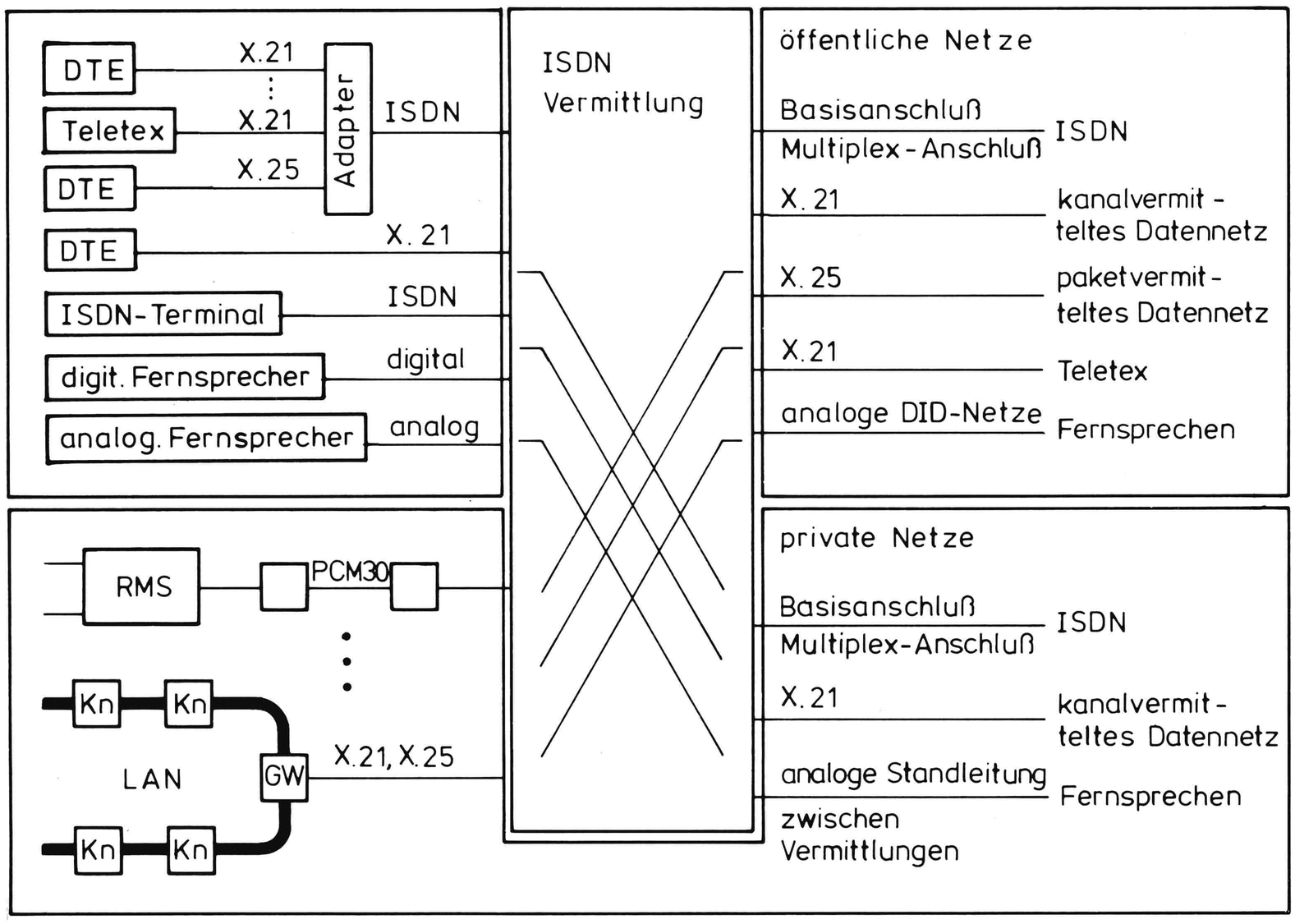


Abb. 1. Verbindungen und Endgeräte einer ISDN-NStA. Möglich sind auch Endgeräte zur Datenübertragung. *DID* Inkanal-Signalisierung (analog, digital), *PCM 30* Multiplex-Standleitung, *LAN* lokales Netz, *GW* Gateway, *RMS* abgesetzte Vermittlung, *Kn* Knoten/Station

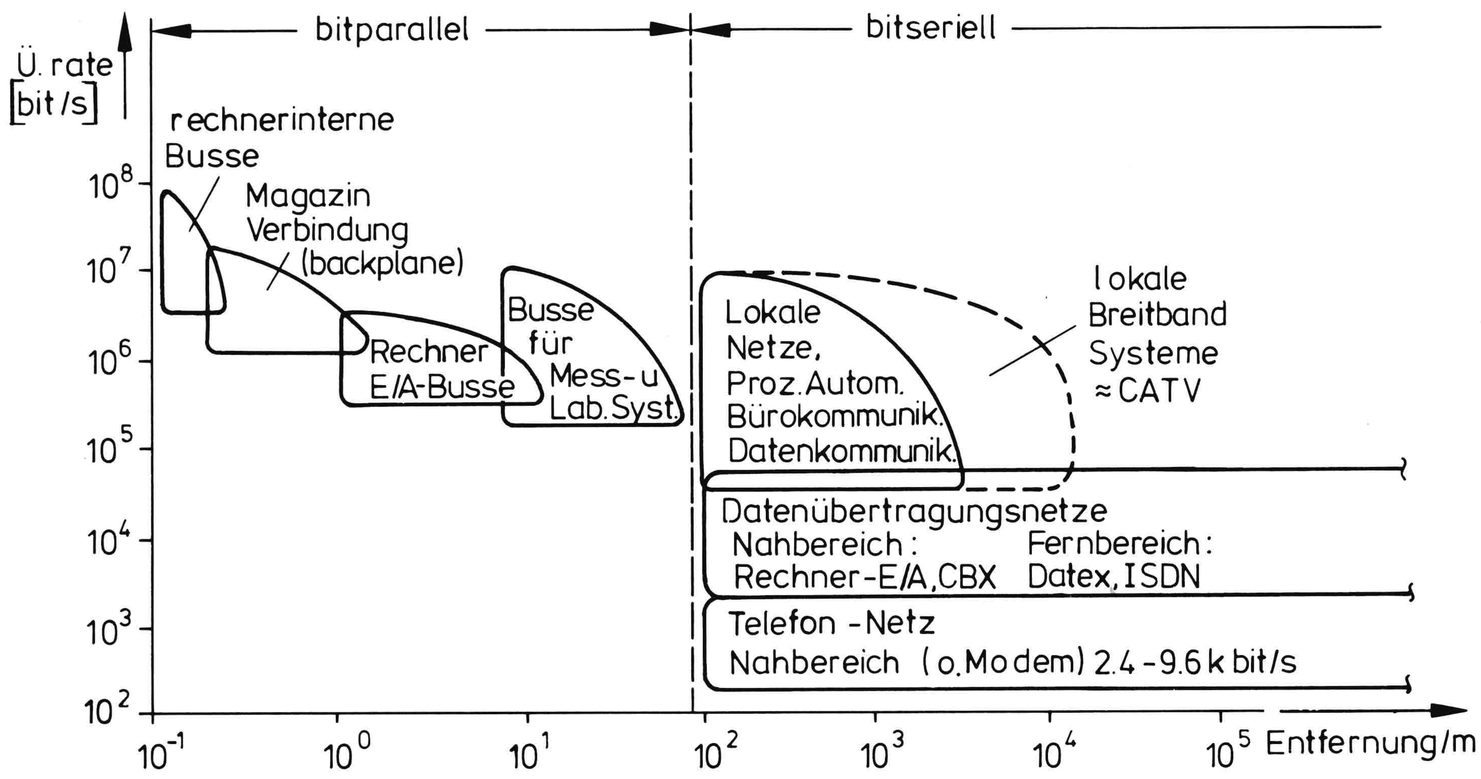


Abb. 2. Klassifikation von Datenkommunikations-Einrichtungen

und Nixdorf neben LANs auch ISDN-NStAn und Fernmeldefirmen wie SEL, PKI und Siemens LAN-Systeme offerieren.

In Abschnitt 2 werden lokale Datenkommunikationseinrichtungen zunächst nach unterschiedlichen Merkmalen klassifiziert. Abschnitt 3 beschreibt das synchrone und das asynchrone Zeitmultiplexverfahren und die entsprechende Vermittlungstechnik. Abschnitt 4 führt LANs und NStAn ein, und Abschnitt 5 diskutiert ihre Eignung für häufig auftretende Anwendungen sowie die jeweiligen Vor- und Nachteile. Der Beitrag schließt mit Aussagen zur Integration von LANs und NStAn und einem Ausblick auf mögliche zukünftige Entwicklungen. Eine deutlich ausführlichere Darstellung findet man in [10].

2. Klassifizierung lokaler Datenkommunikations-Einrichtungen

Gemäß Abb. 2 kann man Datenkommunikations-Einrichtungen nach ihrer Übertragungsrate und der überbrückbaren Entfernung klassifizieren. Dabei ist zwischen bitparallel und bitseriell übertragenden Einrichtungen zu unterscheiden. Bei mehr als 100 m Entfernung kommt aus Gründen der Kosten und der Übertragungseigenschaften der Kabel nur die bitserielle Übertragung in Betracht. Parallele und serielle Busse werden auch als Highway bezeichnet. Systeme mit bitserieller Übertragung und hoher Datenübertragungsrate (Mbit/s) für Entfernungen zwischen ca. 100 m und 20 km nennt man lokale Netze. Erfolgt die Übertra-

gung im Basisband (0 Hz bis ca. 10 MHz), dann sind Entfernungen bis 2 km überbrückbar.

Wird nach dem Frequenzmultiplex-Verfahren (frequency division multiplexing, FDM) übertragen, z. B. entsprechend Standard IEEE 802 für lokale Breitbandsysteme, dann werden die einzelnen Frequenzbänder wie seriell übertragende Busse behandelt, wobei anstelle eines Busses (wie meist bei Basisbandsystemen) zwischen gehendem und kommendem Bus zu unterscheiden ist, denn die Übertragung erfolgt gerichtet über eine Kopfstation (Abb. 3). Derartige Systeme sind aus der Technik für Fernsehverteilnetze (community antenna television, CATV) hervorgegangen und eignen sich zur Überbrückung von Entfernungen bis zu 20 km. Nutzungsmäßig stellt sich ein FDM-Kanal wie ein Basisband-Kanal eines lokalen Netzes dar mit dem Unterschied, daß die erreichbare Entfernung eine Größenordnung höher ist. Breitbandsysteme gestatten wegen ihrer größeren Übertragungskapazität auch Breitbanddienste wie Video und Graphik. Neben digitaler erlauben sie auch in einzelnen Kanälen analoge Nachrichtenübertragung. Der technische Aufwand und damit die Kosten sind bei Breitbandsystemen erheblich höher als bei Basisbandsystemen. Dies betrifft insbesondere die Bitübertragungsschicht gemäß ISO/OSI-Modell.

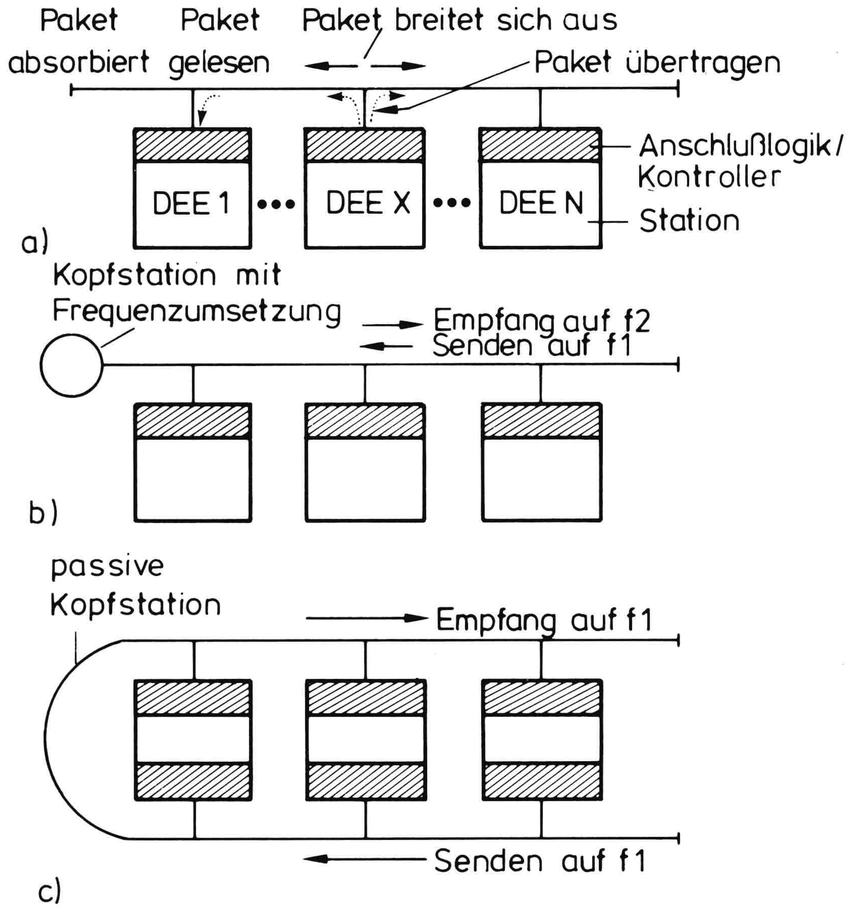


Abb. 3. Basis- und Breitbandübertragung beim Bus, **a** bidirektional im Basisband, **b** Breitband mit Sende-(Trägerfrequenz *f1*) und Empfangsband *(f2)*, **c** Breitband mit getrennten Kabeln

Die NStA (computerized branch exchange, CBX) überträgt generell bitseriell im Basisband.

Lokale Datenkommunikationseinrichtungen haben sehr unterschiedliche Strukturen (Abb. 4). Man spricht von der Topologie eines Kommunikationsnetzes und bezeichnet damit die Art und Weise, wie die einzelnen Datenendeinrichtungen (DEEn, man spricht auch von Stationen oder Knoten) an das Medium angeschlossen und untereinander verbunden sind.

- Beim *seriellen Bus* sind die Stationen unterbrechungsfrei angeschlossen, z. B. galvanisch, über Optokoppler oder Transformator. Die Signalausbreitung erfolgt bidirektional. Innerhalb der Signallaufzeit empfangen alle Stationen eine Nachricht gleichzeitig. Der Bus ist an den Enden reflexionsfrei abgeschlossen. Bei unidirektional übertragenden Bussen werden die Enden der Medien miteinander verbunden, wobei eine Überleiteinrichtung vom kommenden auf den gehen-

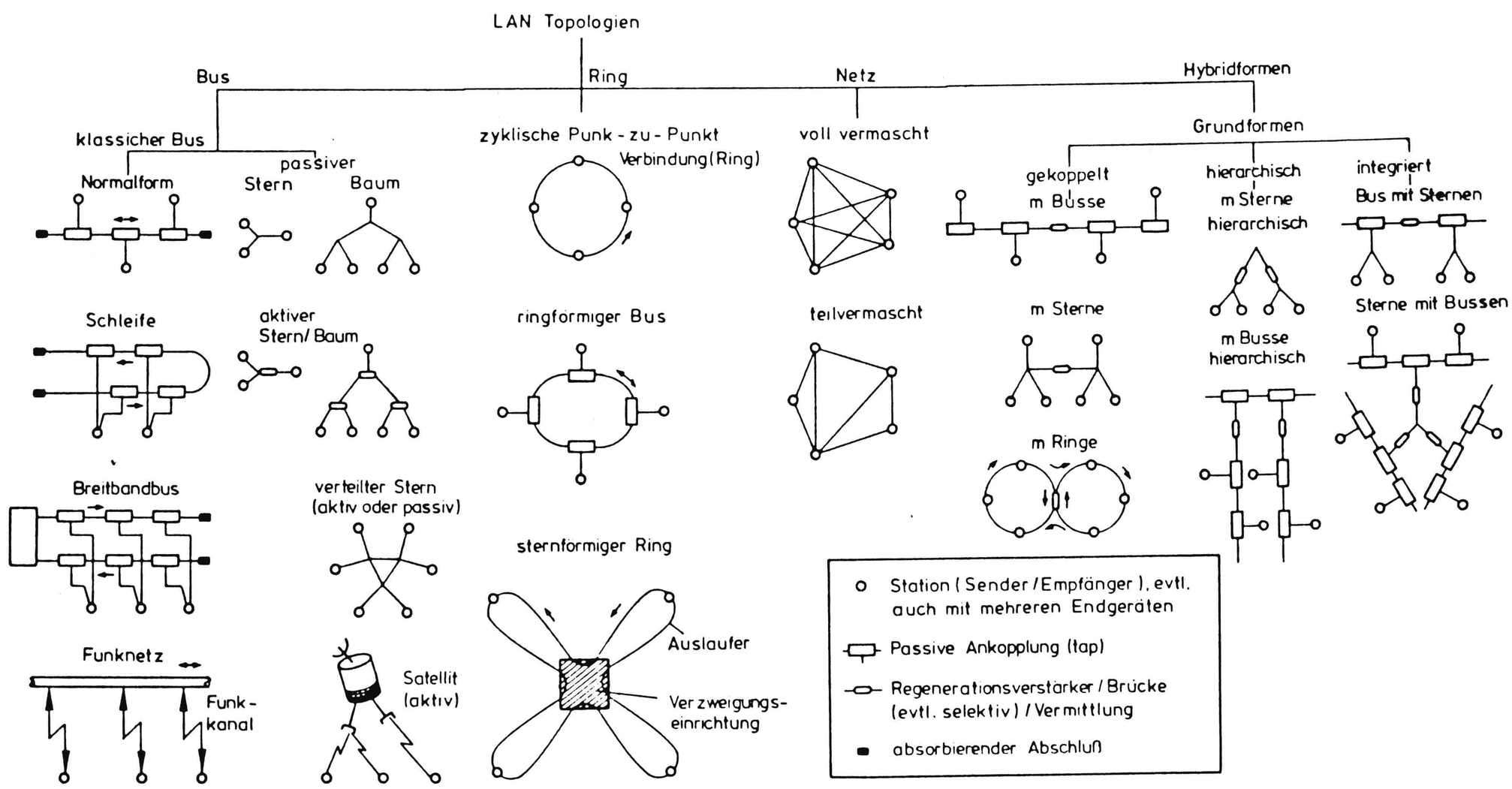


Abb. 4. Topologien lokaler Netze für serielle Datenübertragung

Tabelle 1. Typische Merkmale von Übertragungsmedien für lokale Netze

	Bitübertragung	max. Datenrate [Mbit/s]	max. Reichweite bei max. Datenrate [km]	zweckmäßige Anzahl von Stationen	typische Anwendungen
geschirmte Zweidrahtleitung	digital	1–4	wenige	einige 10	verteilte Mikrorechner
Koaxialkabel (50 Ohm)	digital	10	wenige	einige 100	Büroautomatisierung
Koaxialkabel (75 Ohm)	digital	50	1	einige 10	Rechnerkopplung
(20 Mbit/s pro Kanal, insges. 300 Mbit/s)	analog mit FDM	20	einige 10	einige 1000	Verwaltungen Rechenzentren
	einkanalig analog	50	1	einige 10	
Glasfaser	analog	10	1	einige 10	Rechnerkopplung
	analog	50	wenige	2	Punkt-zu-Punkt-Verbindung

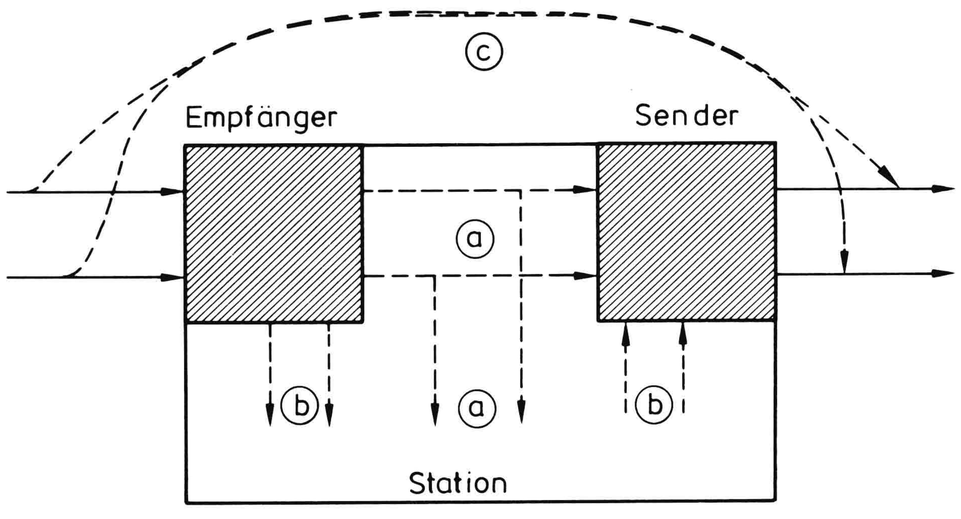


Abb. 5. Funktionen der Station am Ring, a) Mithören und Signalregeneration, b) Übertragung (Empfang und/oder Senden), c) Überbrückung bei Stationsausfall

den Bus erforderlich ist (z. B. Breitband-, Ringbus, vgl. Abb. 3).

- Der *Stern* hat eine zentrale Einrichtung, die entweder Quelle bzw. Senke für alle gehenden bzw. kommenden Verkehre oder vermittelnde Zwischenstation für Verkehre zwischen Stationen ist (aktiver Stern). Ein Host ist Beispiel für den erstgenannten, die CBX Beispiel für den zweiten Fall. Fehlt das aktive Element, dann spricht man von einem passiven Stern.
- Der *Ring* besteht aus fortgesetzten Punkt-zu-Punkt-Verbindungen, wobei Stationen die empfangenen Daten regenerieren und entsprechend der festgelegten Umlaufrichtung senden (Abb. 5 a). Jede Station verzögert den Bitstrom um einige Takte, so daß die maximale Übermittlungsdauer einer Nachricht nicht nur durch die Signallaufzeit auf den Leitungsabschnitten bestimmt wird. Die Station kann Daten empfangen und/oder senden; bei Ausfall zieht sie sich vom Ring zurück (Abb. 5 b; c).

- Ein *Baum* ist die hierarchische Anordnung von Übertragungsstrecken. Er enthält den Stern als Grundstruktur und kann aus einer Mischung von passiven und aktiven Sternen zusammengesetzt sein (Abb. 4).

- Das *vermaschte Netz* entsteht durch Punkt-zu-Punkt-Verbindungen, wobei die übertragenen Daten bei nur teilweiser Vermaschung speichervermittelt werden können. Die Übertragungsdauer entspricht der Summe der Signallaufzeiten auf den einzelnen Teilstrecken, zuzüglich den Vermittlungsdauern.

Wie in Abb. 4 gezeigt, kann man Bus, Ring und Netz auf vielfältige Weise miteinander zu *Hybridformen* kombinieren. Damit lassen sich Entfernungen überbrücken, wie sie durch ein LAN allein nicht abgedeckt werden können. Tabelle 1 enthält typische Merkmale der bei LANs verwendeten Medien.

3. Zeitmultiplex-Verfahren

Im Basisband digital übertragende Systeme stellen das gesamte Übertragungsmedium einzelnen Kommunikationsbeziehungen in der Regel nur zeitweise (für die Dauer eines Zeitschlitzes, slot) zur Verfügung. Dadurch teilen sie die verfügbare Kapazität auf viele, quasi simultane Kommunikationsbeziehungen auf. Man spricht dann von Zeitmultiplex(time division multiplexing, TDM)-Übertragung. Das bei Breitbandsystemen schon erwähnte FDM-Verfahren benutzt demgegenüber mehrere zeitkontinuierlich bestehende, durch eine Trägerfrequenz und zugehörige Frequenzbandbreite definierte Kanäle, die echt gleichzeitig parallel nutzbar sind und je einen Teil der Gesamtkapazität des Mediums verfügbar machen. Innerhalb jedes FDM-Kanals ist Übertragung im Zeitmultiplex möglich.

Datenendeinrichtungen können häufig nur einen Teil der Kapazität des Mediums ausnutzen. Das liegt z. B. daran, daß sie ein *büschelartiges* Verkehrsaufkommen (lange Pausen zwischen kurzen Sendungen) haben oder das Medium eine deutlich größere Übertragungsrate hat, als von einer Station benötigt wird. Es bleibt also genügend Zeit, um quasi gleichzeitig Daten mehrerer sendewilliger Stationen zu übertragen. Diese Quasi-Gleichzeitigkeit wird durch verschachtelte Übertragung der Zeichen bzw. Bitgruppen verschiedener

Stationen gemäß einem TDM-Verfahren erreicht. Abbildung 6 zeigt die prinzipielle Anordnung: Multiplex(Mux)-Einrichtungen fassen je mehrere Stationen T1, T2 usw. zusammen und wandeln deren parallel anliegende Daten in sequentielle Datenströme auf den Mux-Leitungen um. Diese werden durch eine Vermittlung miteinander verbunden, so daß Stationen verschiedener Multiplexer kommunizieren können. Je nach angewandtem Multiplex-Verfahren ist die Vermittlungsaufgabe unterschiedlich zu lösen.

3.1. Synchrones Zeitmultiplex-Verfahren

Das Verfahren setzt synchron arbeitende Einrichtungen im gesamten System Multiplexer-Vermittlung-Multiplexer voraus. Die Nachrichtenübertragung erfolgt *verbindungsorientiert:* Vor der Übertragung zwischen Endgeräten wird in allen berührten Vermittlungen zwischen Quelle und Senke der Kommunikationsbeziehung eine *statische* Zuordnung von jeweils ankommendem und abgehendem Kanal geschaffen. Empfangene Information wird danach verbindungsbezogen vermittelt. Man spricht hier vom *STDM-Verfahren* (synchronous time division multiplexing). Abbildung 7 zeigt das mittels einer Mux-Einrichtung ausgeführte Verschachteln der Datenströme mehrerer mit kleiner Übertragungsrate sendender bzw. empfangender Stationen auf ein mit entsprechend höherer Rate nach dem STDM-Verfahren übertragendes Medium. Es sind vier Stationen A, B, C, D angenommen, die über je eine Leitung (line) gleicher Übertragungsrate mit dem Mux verbunden sind. Er tastet diese Leitungen zyklisch ab und übernimmt/übergibt je Zyklus und Station eine konstante Datenmenge (1 Byte) auf die bzw. von der Mux-Leitung (trunk). Sie hat im Beispiel die *k*-fache Übertragungsrate einer Teilnehmer-Anschlußleitung.

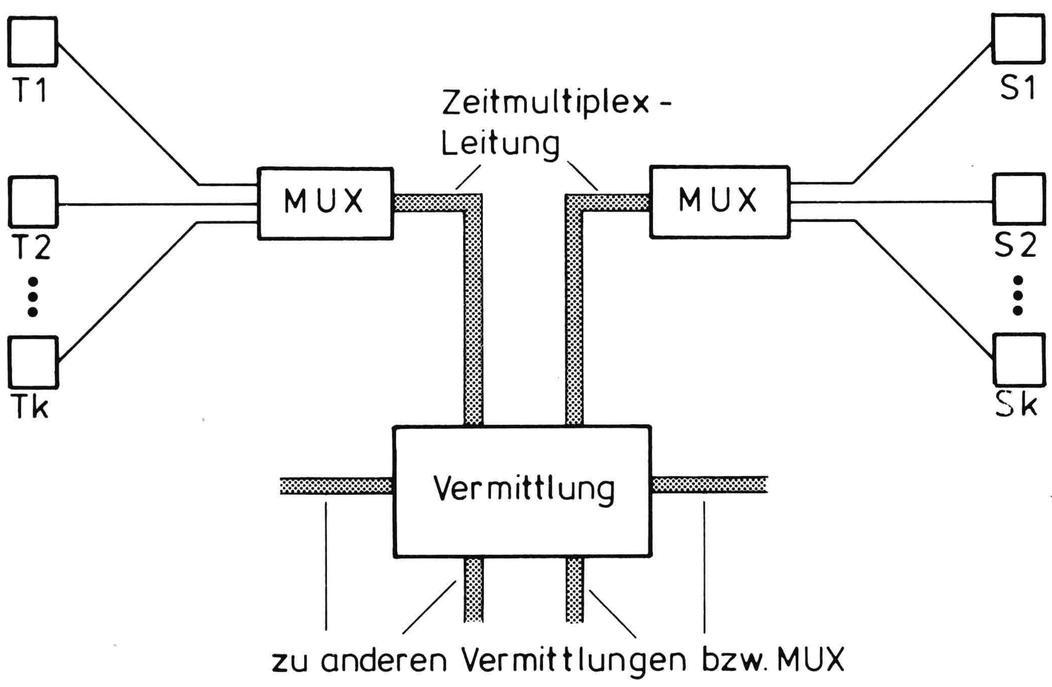


Abb. 6. Anordnung zur TDM-Übertragung mit zentraler Vermittlung

Unabhängig davon, ob zum Abtastzeitpunkt Daten zur Übertragung vorliegen oder nicht, bleibt für jede Station ein Übertragungszeitschlitz reserviert. Die Abtastwerte jedes Zyklus werden zum sogenannten (Multiplex-) *Rahmen* zusammengefaßt, der sie bei der Übertragung zwischen Multiplexer und Vermittlung bzw. zwischen Vermittlungen logisch ordnet. Das Verfahren wird im Integrierten Datennetz (IDN) und im zukünftigen dienstintegrierenden digitalen Netz (ISDN) der Post verwendet und eignet sich gleichermaßen für die Übertragung digitalisierter Sprache und von Daten. Die einem Teilnehmer in aufeinander folgenden Rahmen zugewiesenen Zeitschlitze bilden einen *Kanal* und stellen einen quasi kontinuierlich nutzbaren Übertragungsweg mit konstanter Übertragungsrate dar.

Es ist üblich, die Eigenschaften übertragen und vermitteln in dem Begriff *übermitteln* zusammenzufassen. Wesentliches Merkmal aller Übermittlungssysteme mit Kanaldurchschaltung ist, daß gleichzeitig viele Kanäle für die Dauer der einzelnen Verbindungen durchge-

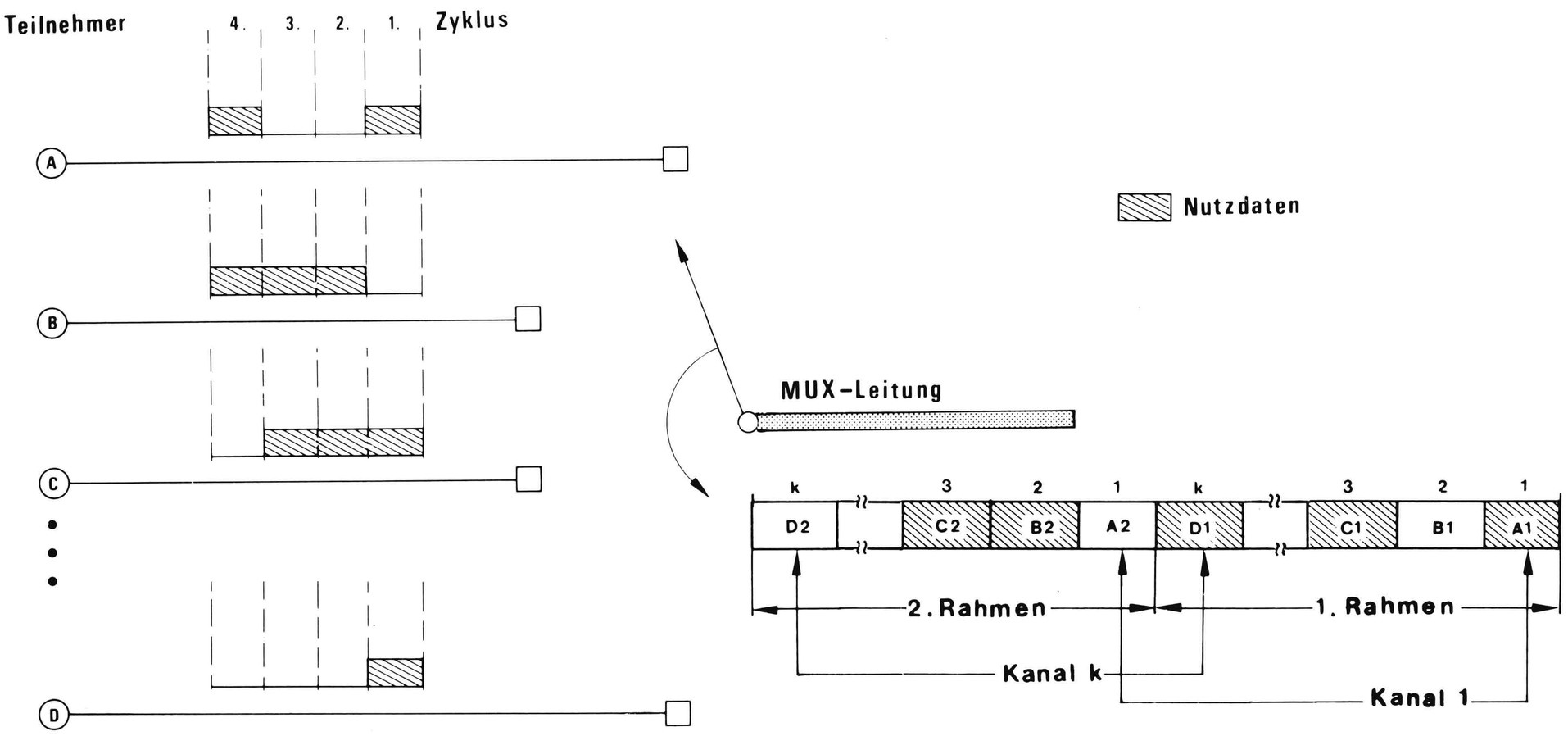


Abb. 7. Synchrones Zeitmultiplexverfahren (Kanaldurchschaltung)

schaltet werden können. In Abb. 8a ist ein Kanal-Zeitbelegungsmuster für ein solches Übermittlungssystem skizziert, Abb. 8b wird später diskutiert. Ungenutzte Kapazität (leere Zeitschlitze) in vergebenen Kanälen kann nicht für andere Verbindungen genutzt werden. Von den k Kanälen des Systems sind gleichzeitig nur ein Teil belegt. Ein schraffierter Zeitschlitz im Bild entspricht direkt der Zeit, während der ein Kanal ein Byte überträgt. Das STDM-Verfahren teilt den bedienten Teilnehmern statisch einen festen Anteil der Übertragungskapazität des Mediums zu. Besonders bei büschelartigem Verkehr sind die Kanäle schlecht ausgenutzt.

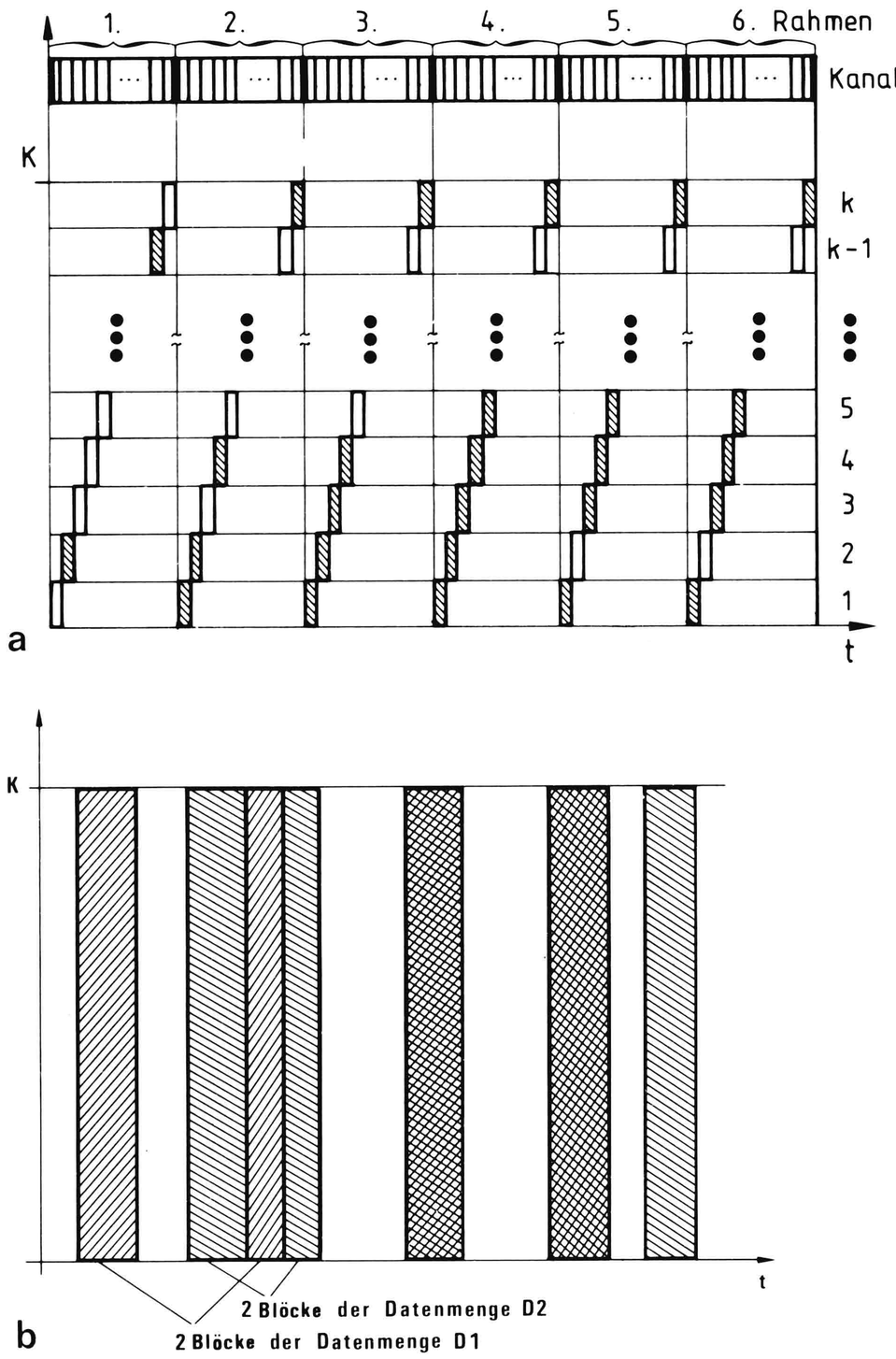


Abb. 8. Nutzung der Kapazität K eines Mediums beim STDM- bzw. ATDM-Verfahren, **a** STDM (Kanalvermittlung), **b** ATDM (Teilstreckenvermittlung)

3.2. Statistisches bzw. asynchrones Zeitmultiplex-Verfahren

Das Zeitmultiplex-Verfahren ATDM (asynchronous time division multiplexing) setzt *mehr* Intelligenz in den Stationen voraus als STDM. In der Literatur wird dafür leider auch die Abkürzung STDM (statistical time division multiplexing) verwendet. Stationen zerteilen gemäß fester Vorgaben ihre Datennachrichten in Blöcke höchstens maximaler Länge. Ein *Block* enthält im *Kopf* Adreß- und Steuerinformation, so daß die Empfangsstation eindeutig gekennzeichnet und die richtige Zusammensetzung der enthaltenen Information zur ursprünglichen Nachricht gesichert ist. Deshalb kommt das Verfahren ohne Verbindungen aus. Man spricht auch von *Datagramm*-Übertragung. Die Daten im Kopf eines Blockes reichen für die Vermittlung an den Empfänger aus. Zumindest für Fernnetze ist jedoch die Einrichtung sog. *virtueller Verbindungen* vor Beginn der Datenübertragungsphase zweckmäßig; dann werden Blöcke als sog. *Pakete* entlang fester/variabler Routen übermittelt (vgl. CCITT Empfehlung X.25). Die Struktur der Blöcke bzw. Pakete, u.a. die maximale Zahl von Nutzbytes, und die Bedeutung der Daten im Kopf sind standardisiert (Sicherungs- bzw. Vermittlungsprotokoll laut ISO/OSI-Modell). Abbildung 9b verdeutlicht den Multiplexvorgang des ATDM-Verfahrens für den Fall der zentralisierten Ausführung der hier *logischer Multiplexer* (LM) genannten Mux-Einrichtung: Über der Zeit betrachtet legen die einzelnen Stationen unkoordiniert ihre gemäß einem Sicherungsprotokoll strukturierten Blöcke in ihre Leitungspuffer zur Übertragung ab. Durch den LM werden die dort parallel wartenden Blöcke sequentiell auf das Übertragungsmedium gegeben. Dabei werden z.B. die von Station A unmittelbar aufeinanderfolgend (synchron) erzeugten Blöcke A1, A2 verschachtelt mit anderen Blöcken, d.h. asynchron zueinander auf der ATDM-Leitung übertragen. Die Bits innerhalb der Blöcke werden synchron übertragen. In manchen Fäl-

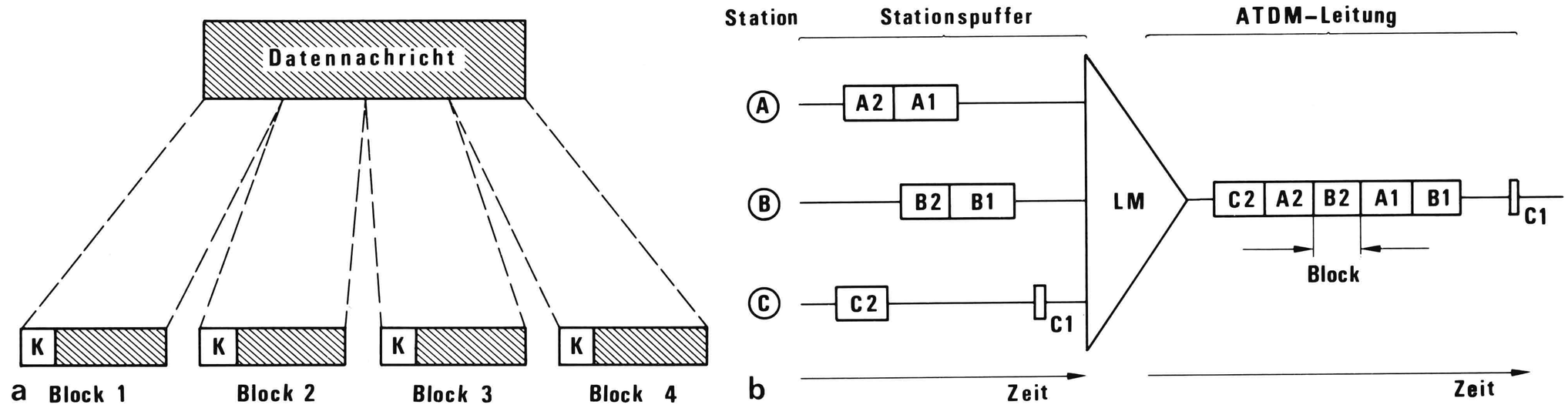


Abb. 9. Blockbildung **(a)** und Funktion **(b)** des ATDM-Verfahrens

Tabelle 2. Übertragungstechniken beim Bus

	Basisband	Breitband
Signalübertragung:	digital (CODEC)	analog durch Trägermodulation mit Modem
Bandbreite:	für jedes Signal voll verfügbar	FDM üblich: mehrere parallele Daten-, Sprach-, Video- usw. Kanäle
Übertragung:	bidirektional	unidirektional
Topologie:	vgl. Abb. 4	Bus- oder Baumtopologie

len hat die Mux-Leitung eine deutlich höhere Datenübertragungsrate als die Teilnehmerleitung zwischen Station und LM, dann müßten die Blöcke dort verkürzt dargestellt werden. Polling ist ein Beispiel eines zentralisierten LM-Protokolls. Zunehmend üblich werden dezentrale Zugriffs(media access control, MAC)-Protokolle, wie sie für LANs nach IEEE 802 definiert sind (vgl. [8, 10, 12]).

Prinzipiell können die Übertragungsraten zwischen LM und den einzelnen Stationen unterschiedlich groß sein, obwohl das sehr häufig nicht der Fall ist. Die Nutzdatenmenge eines Blockes kann zwischen 0 bit (nur Kopf) und einigen hundert Byte (Kopf plus Nutzdaten) variieren. Die Pufferung der Daten vor der Übertragung, die beliebig wählbare Vorschrift für die Häufigkeit der Bedienung einzelner Stationen je Zyklus und die Wahlmöglichkeit der pro Bedienung zu übernehmenden Zahl von Blöcken einer Station machen das ATDM-Verfahren sehr flexibel und erlauben eine besonders effiziente Ausnutzung der ATDM-Leitung. Als Zyklus wird hier das Abfrage-/Bedienmuster der Stationen verstanden, in dem jede Station mindestens einmal, manchmal auch mehrfach auftritt.

Das ATDM-Verfahren weist die Übertragungskapazität der Mux-Leitung *dynamisch* den Stationen nach ihrem aktuellen Transportbedarf zu und eignet sich deshalb besonders für büschelartiges Verkehrsaufkommen. Abbildung 8 b verdeutlicht, daß auch hier die Kapazität der Mux-Leitung jeder Station voll verfügbar ist, jedoch pro Übertragung für einen zusammenhängenden Block. Zwischen Übertragungen ist das Medium ungenutzt. Da bei STDM pro Kanal nur der Kapazitätsanteil $1/k$ verfügbar ist (Abb. 8 a), dauert dort die Übertragung eines Blockes das k-fache des ATDM-Verfahrens. Jedoch treten bei ATDM Wartezeiten der Blöcke auf Übertragung auf, die vom MAC-Protokoll und Verkehrsangebot abhängen. Der Datenstrom muß empfangsseitig auf die einzelnen Stationen aufgeteilt werden. Das geschieht zentralisiert durch einen Demultiplexer bzw. dezentral durch die Stationen selbst, wobei die Adreßinformation in den Blökken genutzt wird. Der durch eine Mux-Leitung gebildete Übertragungsabschnitt heißt Teilstrecke. Liegen die Empfänger nicht alle an derselben Teilstrecke (LAN), dann sind Stationen erforderlich, die als Brükke/Router fungieren und betroffene Blöcke zu benachbarten Teilstrecken (LANs) mit gleichem/anderem MAC-Protokoll überleiten. Sind die untereinander verbundenen Teilstrecken völlig inkompatibel, dann ist ein Gateway erforderlich.

Bei STDM wird das Medium jeder Station nach Einrichtung eines Kanals streng periodisch für die Übertragung jeweils eines Bytes verfügbar gemacht. Bei ATDM erfolgt die Zuteilung des Mediums (MAC) für jeden Block (viele Bytes) neu.

4. Unterschiedliche Typen lokaler Kommunikationsnetze

Man kann drei Typen lokaler Netzwerke unterscheiden, nämlich

- lokales Netz (local area network, LAN),
- lokales Hochgeschwindigkeitsnetz (high-speed local network, HSLN),
- rechnergesteuerte datenvermittlungstüchtige Nebenstellenanlagen (CBX).

Als *LAN* bezeichnet man Netze, die für unterschiedlichste Anwendungen zum Anschluß von Arbeitsplatz-, Mini- und Großrechnern (mainframe) sowie von Terminals und anderen Rechnerperipheriegeräten eingesetzt werden. Als Übertragungsmedien werden verdrillter 2-Draht, Koaxial- oder Glasfaserkabel benutzt. Die verfügbare Übertragungskapazität von 0,1–10 Mbit/s ist auf die Ein-/Ausgabemöglichkeiten der Stationen zugeschnitten und gestattet, sehr viele Stationen mit büschelartigem Verkehr anzuschließen. Busse sind häufiger als Ringe. Man benutzt Basis- und Breitbandübertragung (Tabelle 2).

Lokale Hochgeschwindigkeitsnetze (HSLN) wurden zur Verbindung von Großrechnern untereinander oder mit ihren Massenspeichern entworfen. Am häufigsten trifft man Koaxialkabel als Medium und maximale überbrückte Entfernungen von bis 1 km an; meistens sind nur wenige Stationen an das HSLN angeschlossen.

Rechnergesteuerte Nebenstellenanlagen können Sprache und Daten vermitteln und sind entsprechend der Weiterentwicklung der Datenendgeräte in verschiedenen Varianten anzutreffen. Wesentlich ist, daß im Unterschied zu LANs und HSLNs kanalvermittelt übertragen wird. In der ursprünglichen Form werden analoge Sprach- und Datenkanäle, die über Modems angeschlossene Geräte verbinden, getrennt geführt und vermittelt. Inzwischen sind bereits ISDN-tüchtige Vermittlungen im Handel, die eine digitale Teilnehmerschnittstelle sowohl für das Telefon als auch für Datengeräte anbieten, Sprache und Daten gemeinsam im

Tabelle 3. Vergleich der Eigenschaften von Ring und Bus

Bus	Ring
Übertragung mit Mehrfachadressierung (broadcast).	Kein echter broadcast, wenn Nachrichten vom Empfänger gelöscht werden. IEEE 802.5 (Token Ring) gestattet broadcast.
Passive Koppler (Tap) am Übertragungsmedium, so daß der Ausfall der Stromversorgung einer Station die Übertragung anderer am Bus nicht behindert.	Das Stationsinterface hat Repeater-Funktion, so daß Stromausfall einer Station die gesamte Übertragung unterbricht. Möglichkeit der Benutzung von Überbrückungsrelais, um ausgefallene Station zu umgehen.
Es reicht ein Koppler zum Übertragungsmedium aus. Leitungsbruch führt zu Ausfall. Ein zweiter, getrennt verlegter Bus schafft Abhilfe.	Man benötigt zwei Koppler (Empfänger + Sender), die bei Verwendung von Koaxkabel teuer sind. Zweigerichtet übertragende oder gedoppelte Ringe überleben einen Leitungsbruch.
Die Kabellänge zwischen benachbarten Stationen ist kurz.	Die Kabellänge kann relativ groß sein.
Ohne Repeater maximal ca. 500 m Buslänge, mit Repeater 2 km.	Wegen stationsinterner Signalregeneration ist größere Länge möglich; Bitfehler sind unwahrscheinlicher.
Jeder Sender treibt viele Empfänger (mehr Leistung nötig).	Sender sind genau durch einen Empfänger belastet.
Signallaufzeit hängt von der Länge des Busses ab.	Die Laufzeit wächst zusätzlich proportional mit der Zahl der Stationen am Ring.
Zweidraht und Koaxialkabel sind üblich. Glasfaser wird pro Station stark bedämpft: kleine Anzahl Stationen.	Jedes Übertragungsmedium ist verwendbar: auch abschnittsweise im Ring verschiedene Medien.
Zugriffsprotokolle: CSMA/CD, Token Passing, CSMA/reservierend.	MAC-Protokolle: Token Passing, Puffer/buffer Einfügen/insertion, empty slot (rot. Zeitscheibe).

Zeitmultiplex (STDM) auf der Teilnehmeranschlußleitung übertragen, aber weiterhin getrennt vermitteln. Die Datenrate hat sich dabei von ursprünglich 2,4/4,8/9,6 auf 64 kbit/s bei der ISDN-tüchtigen NStA erhöht. Der Anschluß an öffentliche Netze (Abb. 1) erfordert eine interne Umsetzung auf das analoge Fernsprechnetz bzw. das Datex-L (X.21)-Netz. Üblicherweise werden die Teilnehmer über verdrillten (nicht geschirmten) 2-Draht angeschlossen.

4.1. Vergleich der Eigenschaften von Ring und Bus

Ein Vergleich der Eigenschaften von Ring- und Bussystemen kann technologiebezogen oder bezüglich der jeweiligen Zugriffsprotokolle durchgeführt werden. Hier sollen nur die wesentlichen technischen Gegebenheiten und die daraus für alle MAC-Protokolle resultierenden Gemeinsamkeiten diskutiert werden (Tabelle 3). *Bustopologien* sind am weitesten verbreitet, sowohl für LANs als auch für HSLNs. Ein Bus ist ein Mehrpunktverbindungs-Medium, d. h. es können mehr als zwei Stationen gleichzeitig angeschlossen sein und übertragen bzw. empfangen. Übertragene Blöcke enthalten die Zieladresse, breiten sich auf dem Medium aus und werden von allen angeschlossenen Stationen empfangen (broadcast), sofern nicht gleichzeitig mehrere Stationen senden (vgl. Abb. 3). Die Steuereinheit (controller) der Station realisiert alle Funktionen der Schichten 1 und 2 des ISO/OSI-Modells. Die adressierte Station kopiert den Block in ihren Puffer.

Beim *Ring* ist das Übertragungsmedium bei jeder Station unterbrochen: Das kommende Kabel endet in einer Empfangs-, das gehende beginnt nach einer Sendeeinrichtung (vgl. Abb. 5). Die einzelnen Abschnitte dürfen auch aus unterschiedlichen Medien (Koaxialkabel, Glas, 2-Draht usw.) bestehen. Die Datenübertragung erfolgt mittels Blöcken. Jede Station liest die Adresse jedes Blockes (Mithören, Abb. 5 a). Erkennt sie die eigene Adresse, dann kopiert sie den gesamten Block. Das Zugriffs(MAC)-Protokoll legt fest, wann die Station senden bzw. einen eigenen Block übertragen oder löschen muß. Im Gegensatz zum Bus würden Datensignale auf dem Ring sonst ewig zirkulieren. Zwei Verfahren sind üblich: 1) Die adressierte Station löscht den Block beim Empfang, 2) die sendende Station löscht ihren Block, nachdem er den Ring umrundet hat (vgl. [12]). Das Verfahren 2) hat gegenüber 1) die Vorteile, daß es eine unmittelbare Quittung der empfangenden Station für die sendende ermöglicht, wenn ein entsprechendes Bit im Kopf des Blockes vorhanden ist, und daß in einem Umlauf mehrere Stationen gleichzeitig adressiert werden können (multicast).

4.2. Merkmale datenvermittlungstüchtiger Nebenstellenanlagen

Als NStA bezeichnet man Vermittlungen, die hauptsächlich für den Fernsprechdienst vorgesehen sind und nach dem Durchschalte- bzw. Leitungsvermittlungs-Prinzip (circuit switching) arbeiten [9]. International spricht man statt von NStA von der privaten (automatischen) Nebenstellenanlage (private automatic branch exchange, PABX bzw. PBX). In der BRD kann sie von der DBP gemietet oder privates Eigentum sein; in jedem Fall sind Verbindungen zwischen Teilnehmern derselben PBX gebührenfrei. Über die Teilnehmeranschlußleitungen werden vor Beginn und nach Ab-

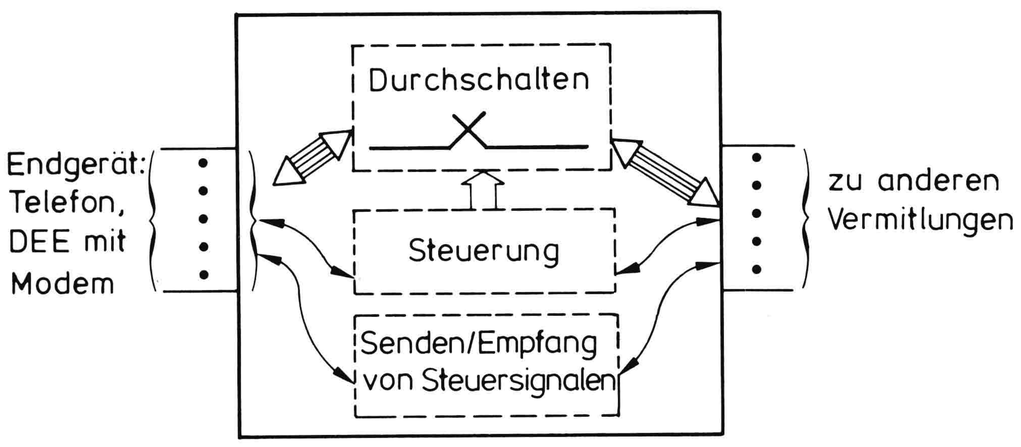


Abb. 10. Funktion einer NStA (PBX)

schluß der Kommunikation zwischen zwei Teilnehmern Steuersignale als Voraussetzung für den Verbindungsauf-/Abbau übertragen. Man nennt dies Zeichengabe (signalling). NStAn sind untereinander bzw. mit der Ortsvermittlungsstelle (OVSt) des Fernmeldenetzes über Leitungsbündel bzw. Multiplexleitungen verbunden. Soll ein Teilnehmer mit einem anderen außerhalb seiner NStAn verbunden werden, dann werden seine Steuersignale (insbesondere die Wählziffern) zur Zielvermittlung (NStA/OVSt) geleitet. Die wesentlichen Begriffe der Nachrichtenvermittlungstechnik findet man in [6].

Die PBX ist eine zentrale Einrichtung mit den Funktionseinheiten

- Durchschalten von Leitungen (bzw. von Kanälen bei neueren NStA),
- Steuerung der Leitungsverbindungen (verdrahtet bzw. rechnergesteuert),
- Empfangen/Senden von Steuerzeichen (Abb. 10).

Nach Empfang der beim Teilnehmer erzeugten Zeichen zur Verbindungssteuerung in einer jeweils für eine Teilnehmergruppe vorgesehenen Sende-/Empfangseinheit prüft die zentrale Steuerung, ob die gewünschte Verbindung herstellbar ist. Dies erfordert die Lokalisierung des Teilnehmers an der gleichen oder einer anderen NStA bzw. OVSt, gerade verfügbare Kapazität der Steuerung und eine Auswertung des Betriebszustandes des gerufenen Teilnehmers (belegt/frei/gestört). Die physikalische Realisierung der Funktion „Durchschalten" sowie der Steuer- und Nachrichtensignale auf den Leitungen unterscheiden sich, je nach Struktur und Entwicklungszeitpunkt der PBX, ganz erheblich. Insbesondere kann man zwischen analogen und digitalen Vermittlungen unterscheiden.

4.2.1. Analoge Nebenstellenanlagen. Analoge NStAn schalten Übertragungswege durch, die analoge Fernsprechsignale übertragen. Solche Signale haben wohldefinierte physikalische Eigenschaften (Bandbreite, Signalspannung, Verzerrung usw.). Vor/nach der Durchschaltung werden auf den Teilnehmerleitungen Steuersignale mit deutlich anderen physikalischen Eigenschaften übertragen, nämlich für die Funktionen Wählton, Freiton, Besetztton, ankommender Ruf. Man spricht von Initialisierung auf der Teilnehmerleitung. Im Bündel (trunk) zwischen Vermittlungen gibt es getrennte Leitungen für die Zeichengabe (Zeichengabekanäle, common channel signalling, CCS).

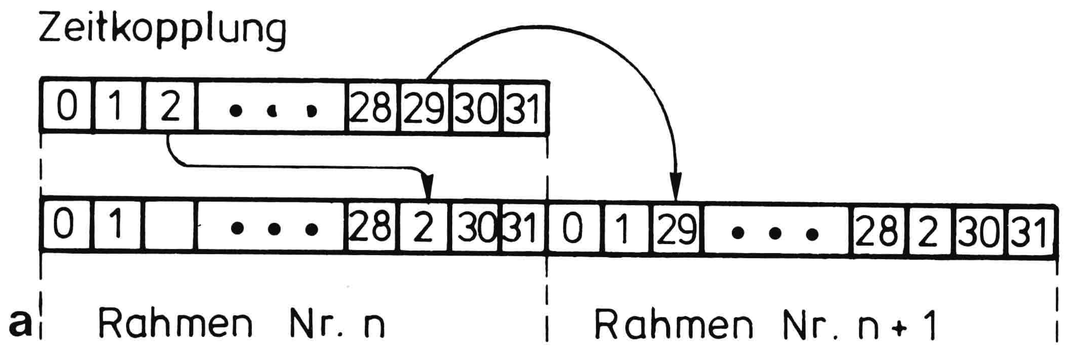
Von *Leitungsdurchschaltung* (statt von Kanaldurchschaltung) spricht man zweckmäßig dann, wenn die Durchschalteeinrichtung Leitungen von Teilnehmerpaaren galvanisch verbindet. Dies geschieht in NStAn, je nach ihrem Entwicklungszeitpunkt, mittels elektromechanischer Wähler, Relais und ab 1975 mit elektronischen Koppelpunkten. *Kanaldurchschaltung* liegt dann vor, wenn Signale unterschiedlicher Teilnehmerleitungen durch Multiplexen auf eine gemeinsame Leitung (Bus) zusammengefaßt werden und Zeitschlitze (Kanäle) unterschiedlicher Multiplexleitungen zeitgerecht verbunden werden.

Die Steuerung der Vermittlung hat ebenfalls eine historische Entwicklung durchlaufen. Auf den Wählern zugeordnete elektromechanische Einrichtungen folgten spezielle, den Koppelstufen der Durchschalteeinrichtung zugeordnete Steuerungen, danach verdrahtete Lösungen (Schaltwerke), dann speicherprogrammierte Steuerungen (stored program control, SPC) mit zentralem Rechner und schließlich dezentrale Steuerrechner.

SPC-Steuerungen analoger und digitaler Vermittlungen unterscheiden sich praktisch nicht. Die Steuerleitungen der Teilnehmeranschlußeinheiten oder anderer peripherer Einheiten werden meist gruppenweise auf Gruppensteuerungen zusammengeführt. In einer zweiten Hierarchieebene gibt es einen oder mehrere zentrale Steuer-Rechner, die untereinander und mit den Gruppensteuerungen über spezielle Bussysteme oder Zeitmultiplexkanäle (64 kbit/s) verkehren, ähnlich einem hierarchischen Rechnernetz. Die Leistung der Steuerung mißt man über die Zahl der im Mittel maximal abwickelbaren Verbindungsversuche (busy hour call attempts, BHCA). Bei Fernsprechvermittlungen bleiben Verbindungen im Mittel 100 s bestehen; bei interaktiven Datendiensten muß die Steuerung u. U. um ein Vielfaches leistungsfähiger sein, denn für die Übertragung eines Datenbüschels werden im Mittel nur wenige Sekunden benötigt, und die Verbindung wird zweckmäßig zwischen Büscheln (viele Sekunden Pause) unterbrochen.

Außer analogen Sprachsignalen können analoge NStAn (PBX) auch analoge Datensignale vermitteln. Dafür ist erforderlich, daß Datenleitungen bzgl. der physikalischen Signale sowohl der Verbindungssteuerung als auch der Datenübertragung genau dieselben Regeln einhalten wie beim Fernsprechen. Dies wird durch *Modems* bei den Datenendgeräten erreicht.

4.2.2. STDM-Vermittlungen. In den Vermittlungen erfolgt die wahlweise Durchschaltung der Kanäle von Eingangs- auf Ausgangs-Zeitmultiplexleitungen gemäß den Festlegungen für die jeweilige Verbindung (Abb. 6). Dafür werden Zeitkoppler und/oder Raum-



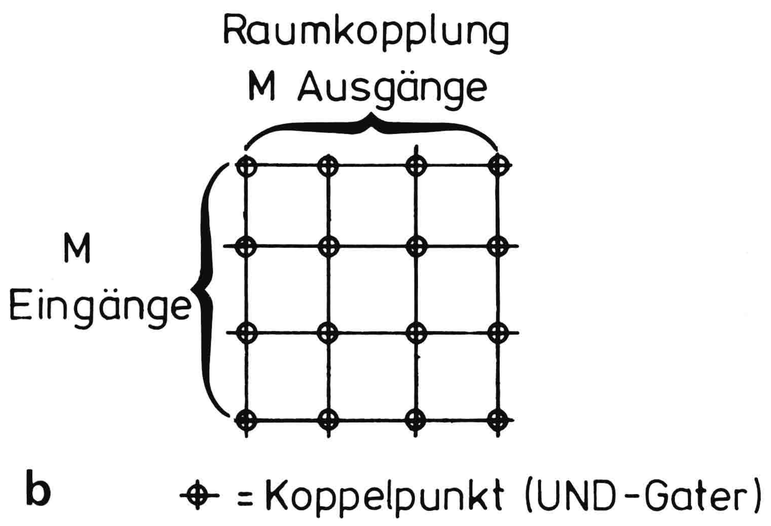


Abb. 11. Zeitkoppler und Raumkoppler

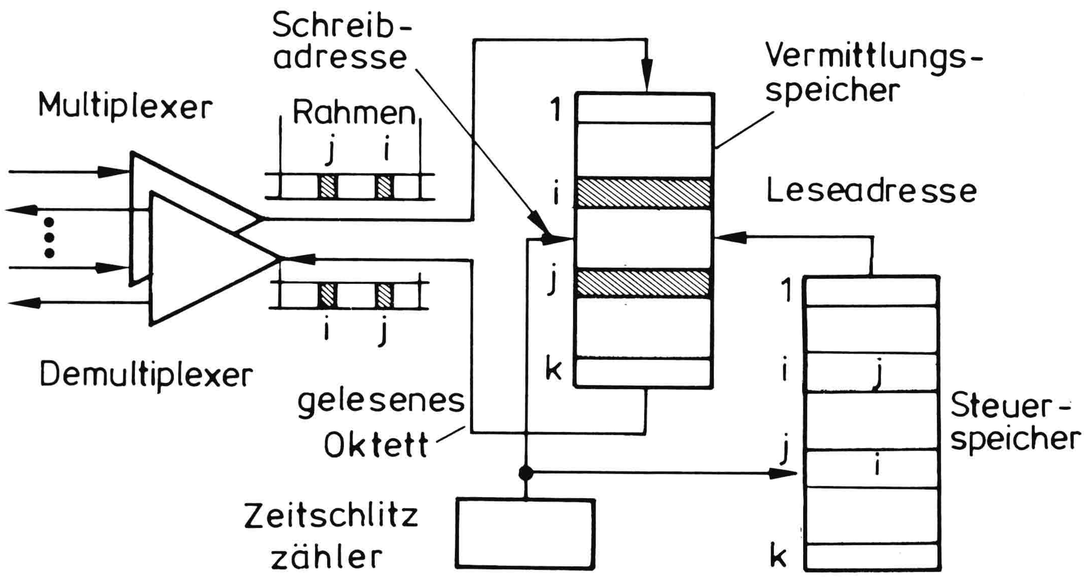


Abb. 12. STDM-NStA mit über einen Speicher realisierter Zeitstufe [1]

koppler verwendet. Größere Vermittlungen haben meist mehr als zwei Vermittlungsstufen, darunter oft auch einen Raumkoppler. Statt von Vermittlungsstufen spricht man auch von Zeit- bzw. Raumvielfachen.

Zeitkoppler erlauben die wahlfreie Umordnung der Zeitschlitze auf derselben Mux-Leitung, manchmal unter Zeitverlust von bis zu einer Rahmendauer. *Raumkoppler* ermöglichen die wahlfreie Durchschaltung gleichzeitiger Zeitschlitze zwischen verschiedenen Mux-Leitungen. Man spricht von einer Kanal-*Durchschaltevermittlung*. Die Vertauschung der Zeitlage zweier Kanäle, um damit Zeitgleichheit von zu vermittelnden Kanälen verschiedener Mux-Leitungen zu erreichen, zeigt Abb. 11. Raumkoppler werden durch Koppelmatrizen realisiert. Da Raumvielfache bis zur Entwicklung großintegrierter Koppelpunkt-Matrizen vor wenigen Jahren deutlich aufwendiger waren als Zeitvielfache, benutzt die überwiegende Mehrzahl der heute verfügbaren NStAn – insbesondere auch in den USA – Zeitvielfache zur Vermittlung. Dabei werden zwei Varianten angewendet, nämlich analoge und digitale STDM-Vermittlung.

Als Beispiel für eine digitale Zeitmultiplexvermittlung sei eine einstufige NStA mit Vermittlung über einen Speicher vorgestellt. Es wird angenommen, daß die analogen Sprachsignale binär kodiert wurden, bevor sie vermittelt werden. Nach [2] wird jeder Abtastwert analoger Sprache in ein PCM-Oktett (Byte) umgesetzt, so daß die Vermittlung zwischen kommendem und gehendem Kanal Bytes zeitgerecht übertragen muß. Sie löst dies, indem sie kommende Bytes in einen Direktzugriffsspeicher (RAM) schreibt und gehende Bytes dort ausliest. Dabei wird eine Zeitkopplung derart vorgenommen, daß ankommende Kanäle (Slots) mit im Rahmen gegebener Zeitlage auf abgehende Multiplexleitungen mit meist anderer Zeitlage im Rahmen vermittelt werden (vgl. Abb. 6, 11). Die Rahmen aller Multiplexleitungen sind in der Regel synchron zueinander. Der Zeitplatz des abgehenden Kanals wird beim Verbindungsaufbau festgelegt.

Solange eine Vermittlung nicht *mehr* gleichzeitige Verbindungen bedienen muß, als in einen Rahmen passen, kann sie sehr wirtschaftlich mit einem Direktzugriffs-Speicher realisiert werden (Abb. 12). Wenn die Multiplex-/Demultiplex-Funktionen vermittlungsintern realisiert sind – wie bei NStAn üblich – dann können die gezeichneten kommenden und gehenden Rahmen wegfallen.

Die Inhalte der Slots können dann direkt in die Speicherzellen mit der entsprechenden Adresse geschrieben bzw. von dort ausgelesen werden. Andernfalls ist erst eine Serien-Parallel- bzw. Parallel-Serien-Wandlung nötig, weil der Speicher byteweise geschrieben/gelesen wird, die Bits aber seriell übertragen werden. Pro vermitteltes Slot sind genau ein Schreib- und ein Lesezugriff nötig. Der Vermittlungsspeicher (RAM) dient dazu, die Inhalte ankommender Kanäle einzuspeichern und so lange zu verzögern, bis sie vom Steuerprogramm in vorgegebene abgehende Zeitschlitze ausgelesen werden können. In Abb. 12 ist angenommen, daß die Inhalte ankommender Kanäle sequentiell in die jeweiligen Speicherzellen des Vermittlungsspeichers eingelesen werden. Er hat so viele Zellen (Byte), wie der Rahmen Kanäle faßt. Der Steuerspeicher gibt vor, unter welchen Adressen die Inhalte abgehender Zeitschlitze gelesen werden sollen. Er enthält für jeden abgehenden Zeitschlitz eine Adresse des Vermittlungsspeichers. Eine Vollduplex-Verbindung über die Kanäle *i* und *j* wird realisiert, indem der Inhalt von Zeitschlitz *i* während des abgehenden Zeitschlitzes *j* und der Inhalt von *j* während des abgehenden Zeitschlitzes *i* gelesen werden.

Die Zykluszeit des Vermittlungsspeichers begrenzt die Zahl maximal gleichzeitig vermittelter Verbindungen (die interne Rahmengröße). Deshalb benötigen größere NStAn zusätzlich ein oder mehrere Raumvielfache. Für jeden zu vermittelnden Kanal sind pro Zeit-

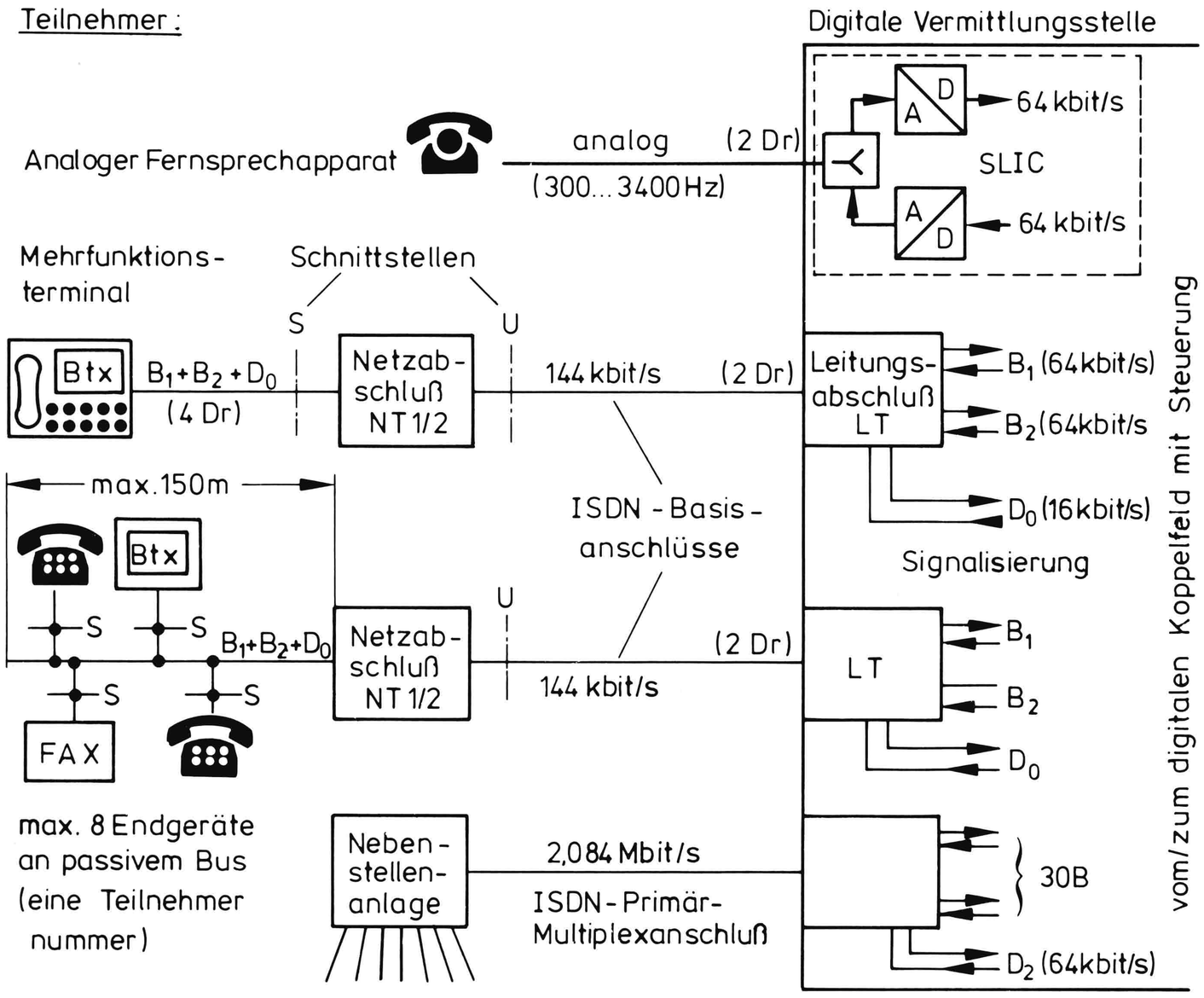


Abb. 13. Teilnehmeranschlüsse an einer digitalen Vermittlung B = B1 oder B2; *Btx* Bildschirmtext, *FAX* Fernkopiergerät (Telefax)

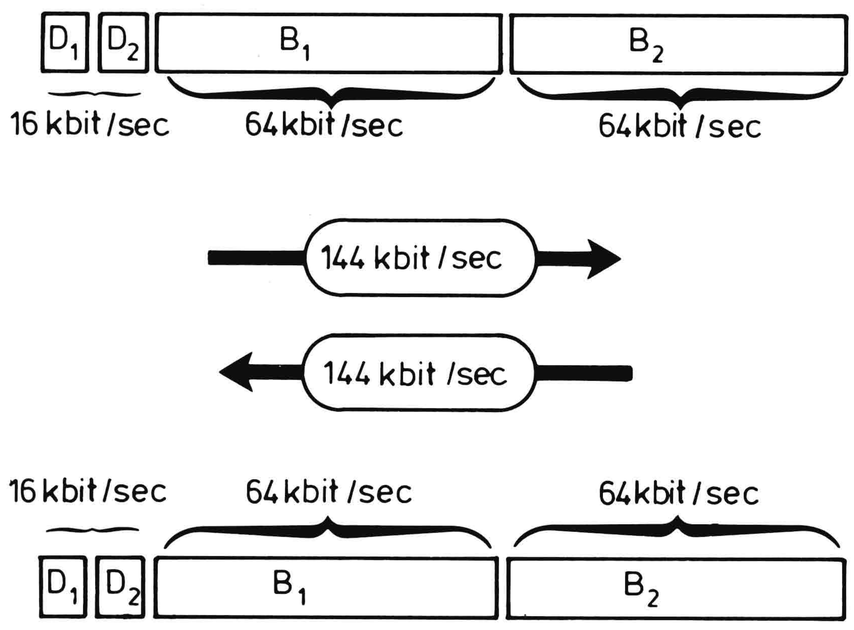


Abb. 14. ISDN-Teilnehmeranschluß

schlitz zwei Zugriffe auf den Vermittlungsspeicher nötig: Die Schreib- und Leseadressen sind jeweils zu ermitteln. Mit $T = 125$ µs als Rahmendauer des PCM-Rahmens und der Zykluszeit t des Vermittlungsspeichers können insgesamt k Kanäle gleichzeitig vermittelt werden, $k = T/2t$. Wenn man beispielsweise $t = 500$ ns annimmt, dann können $k = 125$ Vollduplex-Kanäle, d.h. 62 Verbindungen ohne Blockierung vermittelt werden. Der erforderliche Aufwand für eine solche NStA ist relativ gering.

Wenn Multiplexer bzw. Demultiplexer als Konzentrator bzw. Expander eingesetzt werden, wobei entsprechend den Verkehrswerten der einzelnen Stationen deutlich mehr angeschlossen werden, als die NStAn vermitteln könnte, dann reicht sie für ca. 1000 Stationen aus. (Annahme: 0,1 Erlang Verkehrswert pro Station, d.h. eine Station benötigt durchschnittlich nur 6 min pro Hauptverkehrsstunde.) Eine Einführung in Techniken für Zeitmultiplex-Vermittlungen findet man in [1]. Kurzcharakterisierungen von am Markt verfügbaren NStAn für Sprache und Daten, Text, Paketvermittlung nach X.25 usw. findet man in [4].

4.2.3. Digitale ISDN-Vermittlung. Neuere digitale NStAn werden auch als digitale PBX bezeichnet. Sie berücksichtigen die Festlegungen für das *diensteintegrierende* (Sprache und Daten) *digitale Netz ISDN* und werden zur Unterscheidung von der analogen PBX hier, als rechnergesteuerte digitale Vermittlung, mit CDBX (computerized digital branch exchange) bzw. kurz *CBX* bezeichnet. Je nach Art des angeschlossenen Teilnehmers sind unterschiedliche Anschlußeinheiten erforderlich (Abb. 13). Die als slic (subscriber line interface circuit) bezeichnete Schaltung realisiert die sog. BORSCHT-Funktionen (battery, overvoltage, ringing, signalling, coding, hybrid, testing) der analogen Zweidrahtleitung des Teilnehmers und stellt die Kompatibilität zur CBX her. Die CBX erwartet eine digitale Leitungsschnittstelle gemäß den ISDN-Empfehlungen I. 412–431, die anschließend vorgestellt werden wird.

Bei digitalen Teilnehmereinrichtungen erfolgt die A/D-Wandlung der Sprache bereits im Teilnehmerapparat, und es liegt nahe, auch andere digitale Signale, insbesondere für die Daten- und Textkommunikation, in eine integrierte Gesamtlösung – das ISDN – einzubeziehen. Abbildung 13 zeigt entsprechend den CCITT-Empfehlungen, daß ein Basisanschluß für ei-

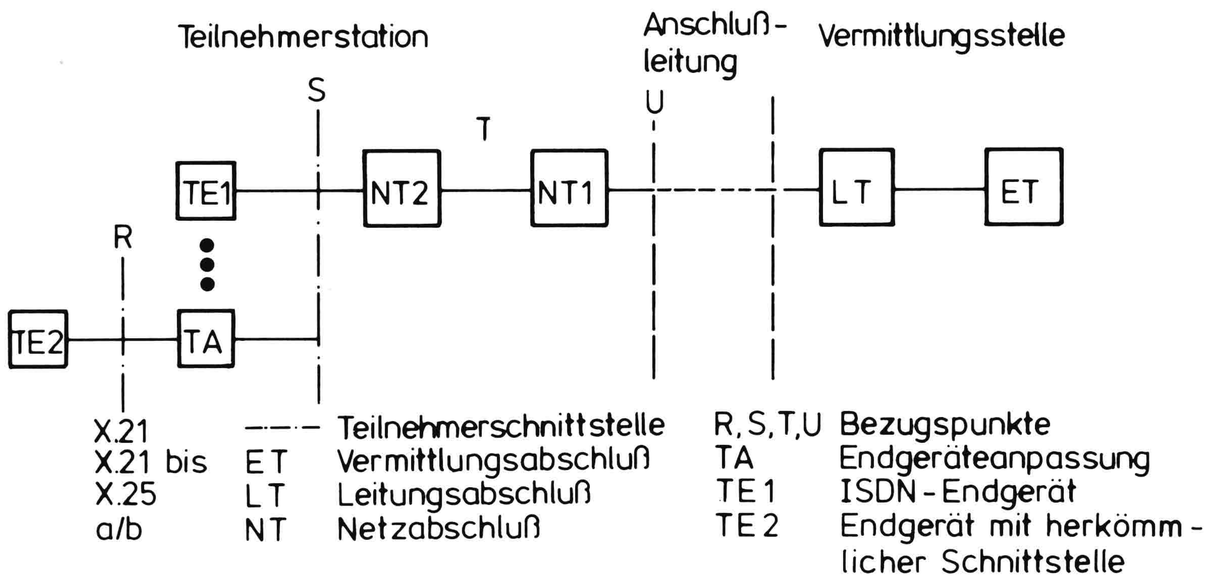


Abb. 15. Zugang zum ISDN

nen Teilnehmer in beiden Richtungen je zwei Kanäle B1 und B2 mit je 64 kbit/s und einen Signalisierkanal D mit 16 kbit/s beinhaltet. Diese Kanäle werden im Zeitmultiplex auf den zwei Drähten der Anschlußleitungen realisiert. In Abb. 14 ist eine Variante dargestellt, in welcher der D-Kanal in zwei Kanäle D1 + D2 mit je 8 kbit/s unterteilt wurde. Insgesamt stehen dem Teilnehmer drei Duplexkanäle mit in jeder Richtung 144 kbit/s zur Verfügung, B1 für PCM-Sprache, B2 für Daten (bei Bedarf auch Multiplexübertragung), D für die Signalisierung und später evtl. Paketvermittlung gemäß CCITT X.25.

Die unterschiedlichen Zugangs- und Anschlußmöglichkeiten zum ISDN werden durch das Schnittstellenschema in Abb. 15 besser als in Abb. 1 verdeutlicht.

Man erkennt zwischen dem „Bezugspunkt" S und dem „Vermittlungsabschluß" ET die Funktionseinheiten NT1, NT2 (network terminator) und LT (line terminator), welche dem definierten Netz- bzw. Leitungsabschluß dienen. LT und NT1 übernehmen die übertragungstechnischen Aufgaben des Senders und Empfängers der Signale mit einer Nettobitrate von $64 + 64 + 16 = 144$ kbit/s auf dem Kupferaderpaar der Teilnehmeranschlußleitung. Damit verbunden sind die Aufgaben der Taktversorgung und Synchronisierung, der Fehlersuche durch Schleifenbildung und der Fernspeisung. Weitere je 16 kbit/s sind für Synchronisation, Rahmenbildung und Schutzzeiten erforderlich, so daß eine Brutto-Bitrate von 192 kbit/s resultiert.

Die Funktionseinheit NT2 hat Verteil- und Konzentrationsaufgaben für die verschiedenen Endgerätekonfigurationen (z. B. Stern, Bus) und ist in Abb. 13 mit NT1 zusammengelegt dargestellt. In bestimmten Fällen kann die 4-Draht-Schnittstelle S so ausgeprägt sein wie die Schnittstelle T. NT2 kann u. U. entfallen; dann können die Teilnehmer an der Schnittstelle S nur die Steuerfunktionen der zugeordneten Vermittlung nutzen. An NT2 kann auch eine passive serielle Busleitung angeschlossen werden, die eine wahlweise Verbindung von maximal acht Endgeräten gestattet. Gleichzeitig können jedoch nur zwei (bei Nutzung des D-Kanals zur Datenübertragung drei) Geräte eine Verbindung betreiben.

Zum Anschluß von Nebenstellenanlagen mit größerer Zahl von B-Kanälen an eine ISDN-Vermittlung ist ein Multiplexanschluß mit 30 B-Kanälen, einem Synchronisations- und einem D2-Kanal mit der Gesamtbitrate von 2048 kbit/s vorgesehen. Während der D-Kanal über das D-Kanal-Protokoll jedem Teilnehmer als separater Signalisierkanal zur Verbindungssteuerung, Diensteauswahl usw. zur Verfügung steht, wird im Netz für alle 30 Kanäle der sog. Primärgruppe nur ein gemeinsamer Signalisierungskanal D2 mit 64 kbit/s Übertragungsrate betrieben. Er benutzt ein als CCITT CCS Nr. 7 (common channel signalling) bekanntes Protokoll. Für den Anschluß von Endgeräten mit herkömmlichen R-Schnittstellen sind Endgeräteanpassungen erforderlich. Sie setzen die dort übliche Datenrate auf 64 kbit/s (den ISDN-Basiskanal) und die Zeichengabe auf D-Kanal-Nachrichten um.

Derzeitig sind folgende Endgeräteanpassungen (terminal adapter, TA) vorgesehen:

- Endgeräteanpassung TA X.21 für Endgeräte des Datex-L-Netzes,
- Endgeräteanpassung TA a/b für Faksimile-Geräte bzw. DEEn mit Modems,
- die Entwicklung der Endgeräteanpassung TA X.25 für Datex-P-DEEn ist geplant.

5. Klassifikation lokaler Datenkommunikationsnetze nach Eignung für Dienste

Datenendgeräte im lokalen Bereich – sei es in Anwendungen der Datenverarbeitung, Bürokommunikation, Laborautomatisierung, industriellen Prozeßsteuerung usw. – stellen an die lokalen Kommunikationseinrichtungen unterschiedliche Anforderungen, die sich aus der Art des Dienstes ergeben, der dem Nutzer bzw. einem Rechenprozeß durch die Kommunikation erbracht wird. Viele dieser Dienste sind auch von der Post über Fernnetze verfügbar, haben aber im lokalen Bereich so viele Nutzer, daß sich ein lokales Verteilnetz lohnt.

Tabelle 4 vergleicht unterschiedliche Netzwerke bzgl. der Steuerung und Vermittlungsaufgabe und nennt jeweils Anwendungsbeispiele. Netze mit zentraler Vermittlung machen die sog. Post-Dienste bei den lokalen Benutzern verfügbar. LANs verbinden Datenendgeräte untereinander, unabhängig vom Dienst, der durch die Datenübertragung erbracht wird. Da mit der Einführung des ISDN in absehbarer Zeit ein weltweiter Standard für digitale Fernnetze bestehen wird, der sich nahtlos im lokalen Bereich auswirken wird, vergleichen wir nachfolgend lokale Verteilnetze auf ISDN-Basis mit „breitbandigen" LAN-Systemen bzgl. ihrer Eignung zum Transport für bestimmte Anwendungen.

Tabelle 4. Klassifizierung von Netzwerken [4]

	Netze mit Vermittlungszentrale	Local Area Networks (LAN)
Steuerung	(vorwiegend) zentrale Vermittlungsknoten	Verteilte Intelligenz steuert die Benutzung des gemeinsamen Übertragungsmediums
Vermittlungsaufgabe	Vermittlung intern und nach außen	Vermittlung intern und über Gateway nach außen
Beispiele	A) Nebenstellenanlagen (CBX) für: - Fernsprechen - Telex - Daten - ISDN-Dienste B) Datenvermittler: - X.25-Vermittler - Private Btx-Zentrale	Ethernet Wangnet ARC-Net Cluster/One Net/One Planet 3M-Netz IBM Token Ring u.v.a.m.

5.1. Kommunikationsbedarf im lokalen Bereich

Die Realisierbarkeit von Kommunikationsdiensten in lokalen Netzen wird hier nur bzgl. der Übermittlung durch CBX- bzw. durch LAN-Systeme verglichen. Andere Aspekte, z.B. die Verträglichkeit der Protokolle dieser Dienste, werden nicht berührt. Bei den Vergleichen spielen nur wenige Eigenschaften und Anforderungen dieser Dienste eine Rolle, nämlich

- die Informationsmenge, welche die Quelle als Übermittlungseinheit anliefert,
- der mittlere zeitliche Abstand, in dem die Quelle diese Einheiten anliefert,
- die tolerable Verzögerung für die Übermittlung dieser Einheiten, die sich aus Wartezeiten und eigentlicher Übertragungszeit zusammensetzt.

In Tabelle 5 sind die genannten Eigenschaften und Anforderungen von Kommunikationsdiensten zusammengestellt. Der Datenumfang pro Übertragungswunsch und der mittlere Abstand zwischen den Sendungen orientieren sich an üblichen Durchschnittswerten. Statt der tolerablen Verzögerungszeit wird die Übertragungszeit für Kanäle mit Bitraten von 64 kbit/s und 3 Mbit/s angegeben. Letztere Bitrate ist typisch für eine Klasse kostengünstiger LAN-Systeme.

Tabelle 5. Kommunikationsdienste: Anforderungen und deren Erfüllbarkeit

DIENST	geforderte Rate	Datenumfang je Sendung	Abstand zwischen den Sendungen	Übertragungsdauer bei	
				64 kbit/s	3 Mbit/s
Gebäudebezogene Dienste					
- Alarme (Rauch, Einbruch usw.)	10-100 bit/s	0,5 kbit	min bis h	8 ms	0,2 ms
- Betriebsmittelüberwachung	0,1-1,0 kbit/s	1 kbit	s	4 ms	0,1 ms
- Klimatisierung	0,1-1,0 kbit/s	1 kbit	s	4 ms	0,1 ms
Fernsehen/Grafikdienste					
- Schmalbandvideo	1,5 Mbit/s	512 kbit	8 s	8 s	162 ms
- interaktive Grafik	96 Mbit/s	4 Mbit	20 ms	64 s	1,3 s
Datendienste d. Bürokommunikation					
- Bildschirmtext	2,4-64 kbit/s	8 kbit	s	0,125 s	3 ms
- TELEX	0,1-0,3 bit/s	16 kbit	s	0,25 s	5 ms
- TELETEX	2,4-9,6 kbit/s	32 kbit	bis	0,5 s	11 ms
- TELEFAX	4,8-64 kbit/s	1 Mbit	Std.	16 s	333 ms
- Handskizze	500 bit/s	0,5 kbit	1 s	8 ms	0,2 ms
- Elektronische Post	4,8-64 kbit/s	32 kbit	min bis h	0,5 s	11 ms
- Video mit geringer Bildfrequenz	64 kbit/s	512 kbit	8 s	8 s	162 ms
Fernsprechen					
- 64 kbit/s-PCM	64 kbit/s	8 bit	125 µs	125 µs	(3 µs)
- 64 kbit/s-PCM, 50-ms-Pakete		3,2 kbit	50 ms	(50 ms)	1,1 ms
- 9,6 kbit/s-LPC, 50-ms-Pakete		480 bit	50 ms	(7,5 ms)	0,16 ms
Terminal-Rechner-Kommunikation					
- DialogVerkehr	4,8-9,6 kbit/s	4 kbit	s	63 ms	1,3 ms
- Stapel-Verkehr	0,1-5 Mbit/s	4 Mbit	s bis h-Bereich	63 s	1,3 s
Rechner-Rechner-Kommunikation	>> 64 kbit/s	1 Mbit	s	16 s	333 ms

5.2. Eigenschaften der Kommunikationsdienste und ihre Erfüllbarkeit durch LAN- bzw. CBX-Systeme

Die Kommunikationsdienste im lokalen Bereich lassen sich in *Gruppen* einteilen:

- gebäudebezogene Dienste
- Datendienste der Bürokomunikation
- Rechner-Rechner-Kommunikation
- Fernseh/Grafik-Dienste
- Fernsprechdienst

Für jeden der Dienste ist in Tabelle 5 auch die erforderliche Datenübertragungsrate angegeben. Die Begriffe der Text- und Datenkommunikation sind in [7] zusammengefaßt.

Alle *dialogorientierten* Dienste, bei denen der Mensch durch Dateneingabe und Warten auf die Reaktion des übertragenden und evtl. eines bearbeitenden Systems beteiligt ist, erfordern solche Reaktionszeiten, daß auf ein Eingabe in ca. 3 s die zugehörige Ausgabe erfolgt.

Stapelorientierte Dienste wie Telex, Teletex, Telefax, Filetransfer und Rechner-Rechner-Kommunikation erfordern lediglich, daß der mittlere Abstand zwischen Übertragungen größer sein muß als die Übertragungsdauer pro Sendung, d.h. das Übertragungssystem darf nicht gesättigt sein.

Gebäudebezogene Dienste haben ein so geringes Datenaufkommen, daß sie in ihren Übertragungsansprüchen auch durch wesentlich leistungsschwächere Systeme als LAN oder CBX befriedigt werden könnten.

Fernseh- und Grafikdienste erfordern Bitraten, wie sie durch die CBX nicht und durch das in Tabelle 5 unterstellte LAN nur mühsam befriedigt werden können.

Bei den *Datendiensten der Bürokommunikation* entspricht einem Schirmbild von 2000 Zeichen die Informationsmenge von 16 kbit, z.B. 25 Zeilen mit je 80 Zeichen. Während des Dialogs beträgt der zeitliche Abstand zwischen den Übertragungen einige Sekunden. Dies entspricht bei Telex bzw. Teletex einer knappen Seite Schreibmaschinentext. 1 Mbit/s Informationsmenge entsteht bei Telefax (Fernkopieren) aus einer DIN-A4-Dokumentenseite bei mittlerer Auflösung und bildpunktweiser Kodierung oder bei höherer Auflösung (z.B. Xerox-Kopie) verbunden mit einer redundanzmindernden Kodierung. Abhängig vom Vorlagematerial kann im letzteren Fall statt der genannten auch eine bis zum Faktor 5 kleinere Datenmenge entstehen. Der zeitliche Abstand zwischen den Informationseinheiten schwankt für Telex, Teletex und Telefax in einem weiten Bereich und ist hier von untergeordneter Bedeutung.

Gesprächsbegleitende Mischkommunikation mittels Handskizzen erfordert eine Kodierung mit 500 bit/s und sekündliche Übertragung. Diskutiert wird auch die Übertragung redundanzarm kodierter Fernsehbilder mit geringer Bildfolgefrequenz (Bildtelefon), wofür 64 kbit/s ausreichend sind. Die Datendienste der Bürokommunikation sind also sowohl über CBX- als auch LAN-Systeme zufriedenstellend übertragbar.

CBX-Systeme sind für die Vermittlung von PCM-kodierter *Sprache* maßgeschneidert. Bei der paketweisen Sprachübertragung nach dem ATDM-Verfahren über LANs muß die bekanntermaßen hohe tolerable Laufzeit von Sprache in Anspruch genommen werden. Man weiß, daß Schleifenlaufzeiten von bis 200 ms kaum bemerkt werden. Der Aufwand der Übertragung paketierter Sprache über LAN-Systeme ist erheblich. Faßt man z.B. 400 Abtastwerte zu 8 bit in ein Paket mit 3,2 kbit zusammen, wobei 50 ms als Paketierungsdauer auftreten, und ist die Wartezeit auf Übertragung des Paketes nicht größer als 15 ms und die Übertragungsdauer 2 ms, dann ist der Inhalt nach spätestens 67 ms am Ziel. Für den Dialogpartner gilt dieselbe Rechnung, so daß die Schleifenlaufzeit hier maximal 134 ms beträgt. Hinzu kommt ein Sprachqualitätsproblem als Folge der u.U. mehrfach erforderlichen D/A- bzw. A/D-Umsetzung der paketierten in kanalvermittelte und später wieder paketvermittelte Sprache, wenn über analoge Fernsprechnetze kommuniziert wird. LAN-Systeme mit paketierter Sprache sind deshalb und wegen des hohen Aufwandes für Fernsprechen weniger geeignet. Neuerdings werden auch LANs angeboten, die für Sprachübertragung ein priorisiertes MAC-Protokoll einsetzen, so daß die Wartezeit der Sprachpakete sehr klein gehalten und das STDM-Verfahren angenähert werden kann (z.B. IBM Token Ring).

Bei *Terminal-Rechner-Kommunikation* wird zwischen Dialog- und Stapelverkehr unterschieden. *Dialogverkehr* von einem Bildschirmgerät hat Eigenschaften wie die Datendienste der Bürokommunikation. Bei *Stapelverkehr* ist die Informationsmenge je Einheit sehr viel größer: z.B. 100 Schnelldruckerseiten. Die erneute Eingabe eines Stapelauftrages liegt im Stundenbereich. Während für Dialogdienste 64 kbit/s völlig ausreichen, bevorzugt man für Stapelverkehr die höheren Datenraten von LAN-Systemen. Prinzipiell sind jedoch beide Systemarten geeignet.

Die *Rechner-Rechner-Kommunikation* könnte auch als anlageninterne Datenkommunikation bezeichnet werden, bei der nicht Menschen, sondern nachrichtentechnische Anlagenteile oder Rechnerkomponenten kommunizieren. Bei Zugriff auf einzelne Sätze einer Datei (remote file access), File-Transfer und Stapelverkehr (remote job entry bzw. job transfer) treten z.B. zwischen Rechnern Transporte in Abständen von ms auf.

Neben den in Tabelle 4 charakterisierten Anwendungen lokaler Netze gibt es weitere, die z.T. zusätzliche Forderungen an das Datentransportsystem stellen. Solche Forderungen betreffen z.B. die Zuverlässigkeit des Transportsystems und sein Realzeitverhalten. Tabelle 6 stellt Forderungen zusammen, wie sie in der

Tabelle 6. Anforderungen in der Prozeßautomatisierung

Anwendung	Art der Daten	Antwortzeit je nach Anwendung	Menge je Ereignis	geford. Rate [kbit/s]	Bemerkungen
Dir. Steuerung/Abfrage von Sensoren und Stellgliedern	Meßwerte	ms bis s	8-16 bit	0,016-12	hohe Rate wird prozeßnah reduziert
Teilsystem-Überwachung/Steuerung	Kommdos Alarm/ACK	10 ms-1 s	10-100 Byte	0,1-1	pro Station 100 Byte
Optimierung des Gesamtsystems	Status, Fernlad.	Minuten-Stunden	0,01-10 kbit	10-300	Summe aller Stationen
Management, Datenbereitstellung	Tabellen Graphik	Stunden-Tage	10-100 kbit	2-10	Aufbereitung im Host

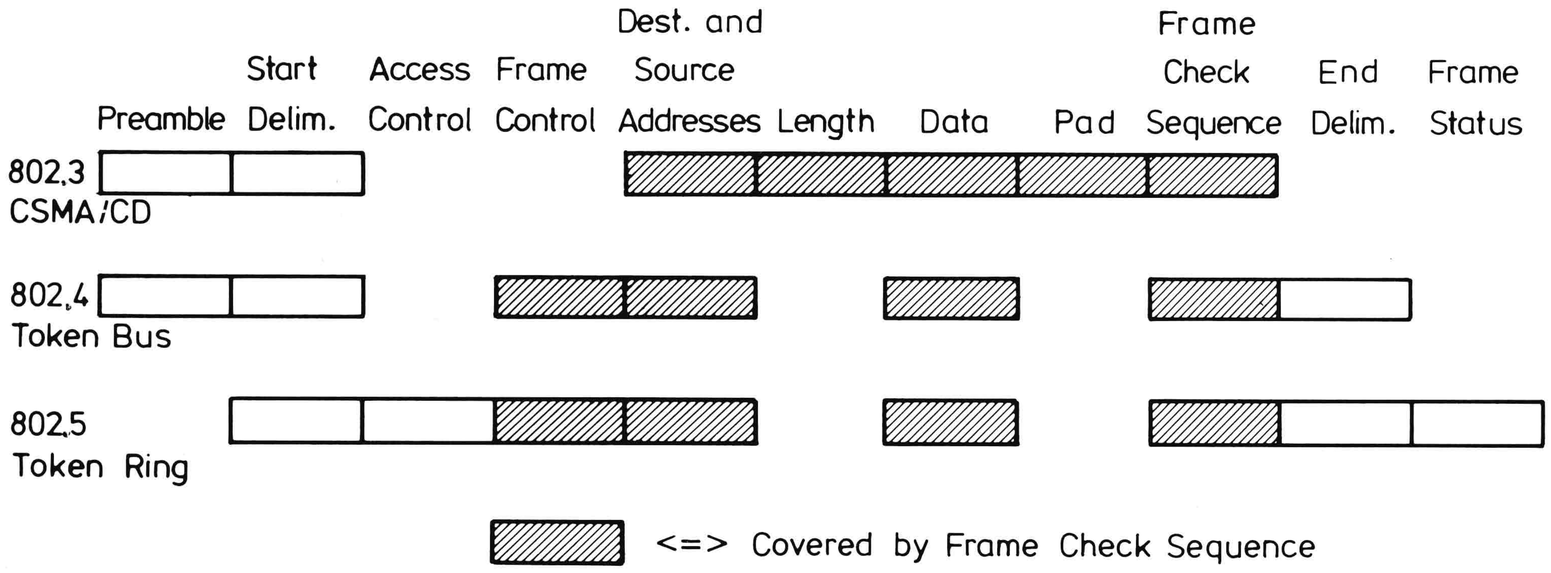


Abb. 16. Blockformate der drei IEEE 802-Zugriffs(MAC)-Protokolle

Prozeßautomatisierung an die Antwortzeit und Übertragungsrate eines Datentransportsystems gestellt werden. Da die Zahl der Verkehrsquellen in diesen Systemen sehr groß ist (einige 100) und ihr Verkehr büschelartig anfällt, sind kanalvermittelnde Systeme unzweckmäßig.

Folgende Fakten kann man festhalten

- LAN-Systeme werden für viele Anwendungen der Rechner-Rechner-Kommunikation benötigt. CBX-Systeme sind hier oft ungeeignet.
- Video und Grafik erfordert Breitband-LANs.
- Fast alle Datendienste der Bürokommunikation und der Terminal-Rechner-Dialogverkehr kommen mit 64 kbit/s, also der CBX gut aus.
- Sprache spielt im Fern- und Nahbereich mit 95 und 80% gegenüber Daten mit 5 und 20% z.Z. eine so dominierende Rolle, daß sich Einrichtungen zur Datenkommunikation leichter als Zusatz zur CBX als durch ein LAN einführen lassen.
- LAN-Systeme sind für die Sprachkommunikation weniger geeignet.

6. Verbindung von Teilnehmern von Nebenstellenanlagen bzw. lokalen Netzen untereinander

NStAn können einerseits über unterschiedliche Fernnetze Dienste wie Fernsprechen, Telex, Teletex, Btx, Datenübertragung mittels Datex-L bzw. Datex-P usw. verfügbar machen und dabei auch andere NStAn mit deren Teilnehmern erreichen (Abb. 1). Andererseits besteht die Möglichkeit, NStAn direkt über Standleitungen, z.B. HFD- oder Datex-L-Netz, ISDN-Multiplexgruppe, zu verbinden.

Dabei werden viele unterschiedliche, z.T. historisch bedingte Schnittstellen benutzt, die verschiedene Verfahren der Bitübertragung, Signalisierung und (im Fall der Datenpaketvermittlung) auch ein Sicherungsprotokoll beinhalten. Im Rahmen der jeweiligen Dienste stellt die NStA Anpaßeinrichtungen für Teilnehmer zur Verfügung, die unterschiedliche Schnittstellen benutzen, und macht deren Endgeräte dabei bzgl. der Signalisierung und des Datentransports kompatibel. Bezüglich der Kompatibilität höherer OSI-Protokolle leistet die NStA meist keine Beiträge. Zusatzdienste wie Geschwindigkeitswandlung, Umkodierung, Zwischenspeicherung, Flußsteuerung usw. werden jedoch mittels Anpaßfunktionen wahrgenommen, vgl. die bereits erwähnten Terminaladapter.

Vergleichbare Funktionen sind auch erforderlich, wenn man standardisierte LANs über *Brücken* untereinander verbindet. Solche LANs bieten der OSI-Schicht 2b (logical link control, LLC) den gleichen Dienst ihrer 2a-Schicht (MAC) und können durch sog. MAC-Brücken untereinander verbunden werden, wobei das LLC-Protokoll in der Brücke nicht bearbeitet, sondern zwischen den Stationen der verbundenen LANs als Ende-zu-Ende-Protokoll betrieben wird.

Abbildung 16 stellt die Blockformate der MAC-Schicht der drei nach [12] standardisierten Protokolle

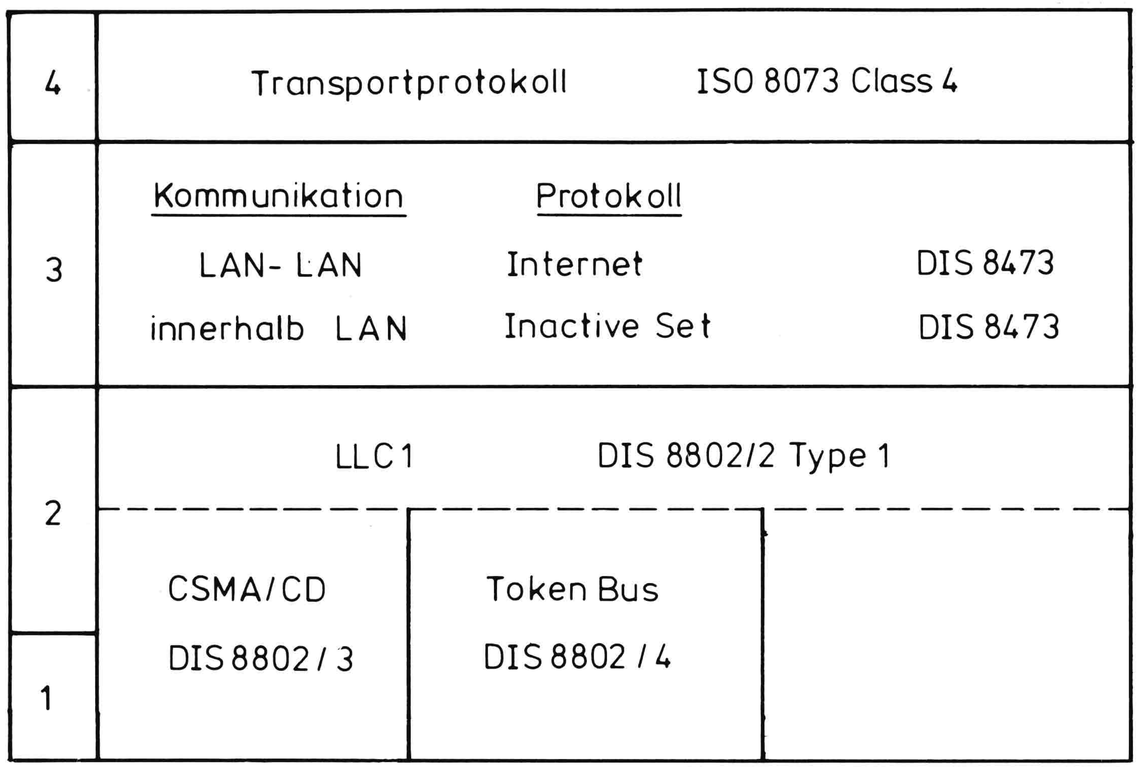


Abb. 17. Transportsystem für LAN-LAN-Kopplung [5]

nebeneinander. Durch Vergleich kann man ermitteln, welche Anpaßfunktionen in der Brücke nötig sind, um Kompatibilität in der MAC-Schicht herzustellen. Offenbar müssen alle Adressen von Stationen, auch unterschiedlicher LANs, eindeutig sein, und Reihenfolgevertauschungen der Blöcke sollten nicht auftreten. Einzelne Blockfelder werden nur in bestimmten LANs benötigt und können bei Übergang zu anderen wegfallen bzw. müssen neu generiert werden.

Bei NStAn ist das Adressierungsproblem derart gelöst, daß die NStA eine oder mehrere Adressen (Rufnummern) hat und ihre Teilnehmer lokal aus dem gleichen Nummern-Vorrat, z. B. 1–1000, schöpfen, der auch bei anderen NStAn verwendet wird. Das Adressierungsschema ist also hierarchisch, mit der NStA als höherer Adreß-Hierarchiestufe.

Bei LANs findet man keine so strenge Gliederung; beispielsweise bietet Xerox einen Dienst an, um weltweit eindeutige Adressen von Ethernet-Stationen sicherzustellen. Da ein LAN jedoch nur eine geringe Zahl von Stationen umfaßt (verglichen mit dem großen, mit 16 bzw. 48 bit langen Adressen des MAC-Protokolls darstellbaren Vorrat) und lokale Netze von außerhalb über Knoten von Rechnernetzen erreicht werden, die eine eindeutige Anwahl des LANs gewährleisten, kann man ebenfalls eine hierarchische Adressierung erkennen. Es bleibt dann, ähnlich wie bei Terminals an NStAn, lediglich übrig sicherzustellen, daß jede Station am LAN eine individuelle Adresse hat.

6.1. Kommunikation innerhalb eines LANs bzw. einer NStA aus der Sicht der OSI-Schichten 3 und 4

Da der MAC-Dienst innerhalb eines LANs sehr geringe Restfehlerraten garantiert und die Verdoppelung bzw. Reihenfolge-Vertauschung von Blöcken bei einem LAN nicht auftreten kann, reicht das verbindungslose LLC-Protokoll aus. Vermittlungsfunktionen (wie Routen) sind nicht erforderlich, so daß kein Dienst der Schicht 3 und deshalb nur die Nullfunktion erforderlich ist. Der in vielen Anwendungen geforderte verbindungsorientierte Transportdienst (Schicht 4) kann durch ein Protokoll der Klassen 0–4 nach ISO 8073 realisiert werden. Empfehlenswert ist hier Klasse 4, die auch Fehlerbehebung nach -erkennung vorsieht. Die entsprechende Transportsystem-Architektur nach ECMA TC24 zeigt Abb. 17.

Stationen an einer NStA kommunizieren entweder leitungs/kanalvermittelt (Teletex, Btx, Datex-L) oder paketvermittelt über virtuelle Verbindungen miteinander. Wegen der gegenüber einem LAN niedrigen Datenrate und entsprechend längeren Laufzeit sowie der höheren Fehlerrate ist (wie beim LAN) ein Sicherungsprotokoll dringend zu empfehlen, wie es bei X.25-LAP/B vorhanden ist. Die Vermittlungsschicht ist immer erforderlich, um die kanalvermittelte bzw. virtuelle Verbindung einzurichten und zu betreiben; Schicht-4-Funktionen sind genau wie beim LAN erforderlich.

Neben den Transportprotokollen (Schichten 1–4) sind auch die Protokolle der Anwendungsschichten 5–7 von Interesse. Diesbezüglich gilt für Stationen am LAN bzw. der NStA dasselbe: Kommunikation untereinander ist nur möglich, wenn die Stationen über dieselben Schichtprotokolle verfügen. Tabelle 7 gibt einen Überblick über entsprechende CCITT-Empfehlungen.

Solange keine Verbindung zwischen lokalem und öffentlichem Netz (Datex-L, Datex-P, Fernsprechnetz) besteht, sind LANs benutzungsrechtlich wie DV-Anlagen zu betrachten, d. h. Zulassungen beschränken sich auf den Nachweis der Einhaltung von allgemeinen Vorschriften (z. B. elektromagnetische Verträglichkeit, EMV). Sind Verbindungen von einem LAN über einen Gateway zu öffentlichen Netzen möglich, ergibt sich benutzungsrechtlich eine völlig andere Situation, die u. a. von der Funktionalität des Gateways abhängt.

6.2. Kommunikation zwischen LAN und NStA

Bei Kopplung einer LAN- mit einer NStA-Station ist das Problem der Kopplung von Vermittlungsdiensten

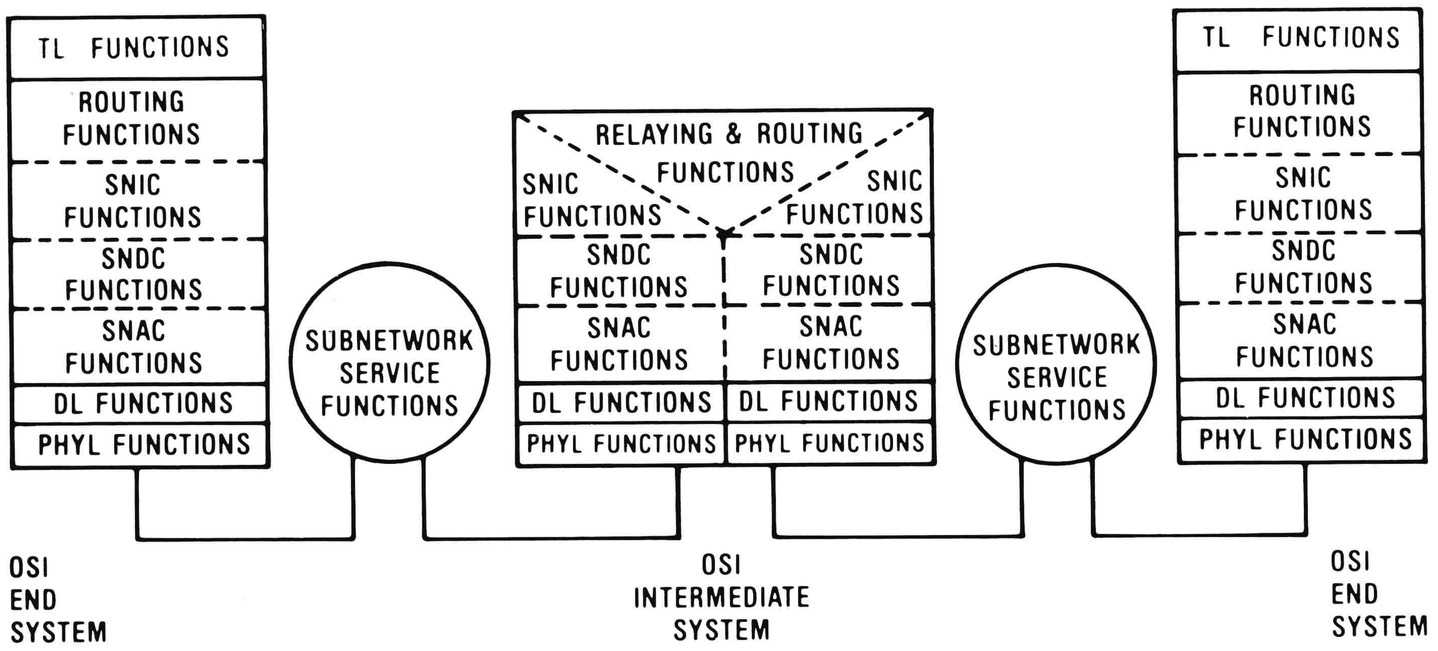


Abb. 18. Architektur der Vermittlungsschicht [11]. *TL* transport layer, *DL* data link layer, *PHYL* physical layer

Tabelle 7. CCITT-Empfehlungen und Zuordnung zum OSI-Architekturmodell

F.200	Teletexdienst	OSI-Schicht 4 bis 7
F.300	Bildschirmtextdienst	4 und 6
I.200	ISDN-Dienste	1 bis 3
I431	(Q.910) ISDN-Netzzugang	1
I.441	(Q.290) ISDN-Netzzugang	2
I.451	(Q.930) ISDN-Netzzugang	3
S.60	Teletex: Endgeräteeigenschaften	6 und 7
S.61	Teletex: Zeichensatz	6
S.62	Teletex: Kommunikationsprotokolle	5 und 6
S.70	Teletex: Netzunabhängiges Transportprotokoll	4
S.90	Umsetzung Teletex/Telex	4 bis 7
S.100	Bildschirmtext: Zeichensatz	6
S.a	Mixed-mode-Geräte: Dokumentenstruktur	6
T.a	Telefax-Gruppe 4: Geräteeigenschaften	6
T.b	Telefax-Gruppe 4: Codierung	7
X.28	Schnittstelle asynchroner DEE für PAD-Betrieb	1 bis 3
X.29	Prozeduren zwischen X.25-DEE und PAD	1 bis 3 und 5
X.200	Referenzmodell für CCITT-Anwendungen	1 bis 7
X.408	Nachrichten-Mitteilungs-Systeme (X.408, 410, 411, 420)	5 bis 7
X.21	DEE-Schnittstelle für synchrone Datenübertragung	1 und 3
X.25	DEE-Schnittstelle für Paketvermittlung	1 bis 3

zu lösen, die mit bzw. ohne Verbindung arbeiten, denn über NStAn wird (wie bei Fernnetzen) verbindungsorientiert übertragen (z. B. Datex-P/L), während das Internetprotokoll nach ISO-DIS 8473 zwar zwischen LANs routen kann, aber keine Verbindungen betreibt. Die Kopplung erfolgt über eine *Gateway* genannte Einrichtung. Je nach Ausführung sind zwei Fälle zu unterscheiden:
A) Das LAN wird als verteiltes OSI-Endsystem angesehen, so daß seine innere Struktur keinen Auflagen unterliegt. Nur sein Verhalten nach außen muß dann den OSI-Dienst- und Protokollvorschriften entsprechen. Dies bedeutet:

1) der LAN-Service entspricht dem OSI-Transport-Service;
2) der Global-OSI-Network-Service endet im Gateway, insbesondere auch das Ende-zu-Ende-Transportprotokoll;
3) der Gateway ist Schicht-4-Relais, er setzt deren Protokolle um;
4) die OSI-Schichten 5 bis 7 sind transparent für den Gateway.

In der OSI-Welt wurde deshalb eine network-layer(NL)-interne Architektur festgelegt, um Adressierungs-, Schichtprotokoll- und weitere Fragen der Zusammenarbeit der Teilnetze herauszuarbeiten. Gemäß Abb. 18 unterscheidet man:

- *relaying and routing* functions (R&R-F): Routen betrifft die Interpretation von Adressen und Dienstgüte-Merkmalen sowie weitere, die Auswahl einer Route betreffende Erwägungen. Relaisfunktionen sind grundsätzlich teilnetzintern und betreffen die Koordination des von einem Teilnetz zum nächsten fließenden Verkehrs.

Die übrigen drei Funktionen sind teilnetzspezifisch:

- *Subnetwork-independent convergence (SNIC) functions* betreffen die Zusammenarbeit gleicher Instanzen (entity) benachbarter Teilnetze und benötigen keine teilnetzspezifische Information oder teilnetzspezifische Anpassung.
- *Subnetwork-dependent convergence (SNDC) functions* setzen die teilnetzspezifischen Funktionen in den einheitlichen Dienst um, wie er von den SNIC-Funktionen erwartet wird.
- *Subnetwork-access (SNAC) functions* werden von den NL-Funktionen aufgerufen, wenn Dienste des Teilnetzes erforderlich sind; z. B. der Betrieb eines Schnittstellenprotokolls zum Teilnetz.

Das Teilnetz selbst stellt eine bestimmte Menge von Diensten zur Verfügung, die in Abb. 18 als subnetwork service functions bezeichnet werden.

Die Lösung A) ist einfach realisierbar, erlaubt Freizügigkeit bzgl. der LAN-Protokolle und ist gegenüber B) der benutzungsrechtlich einfacher behandelbare

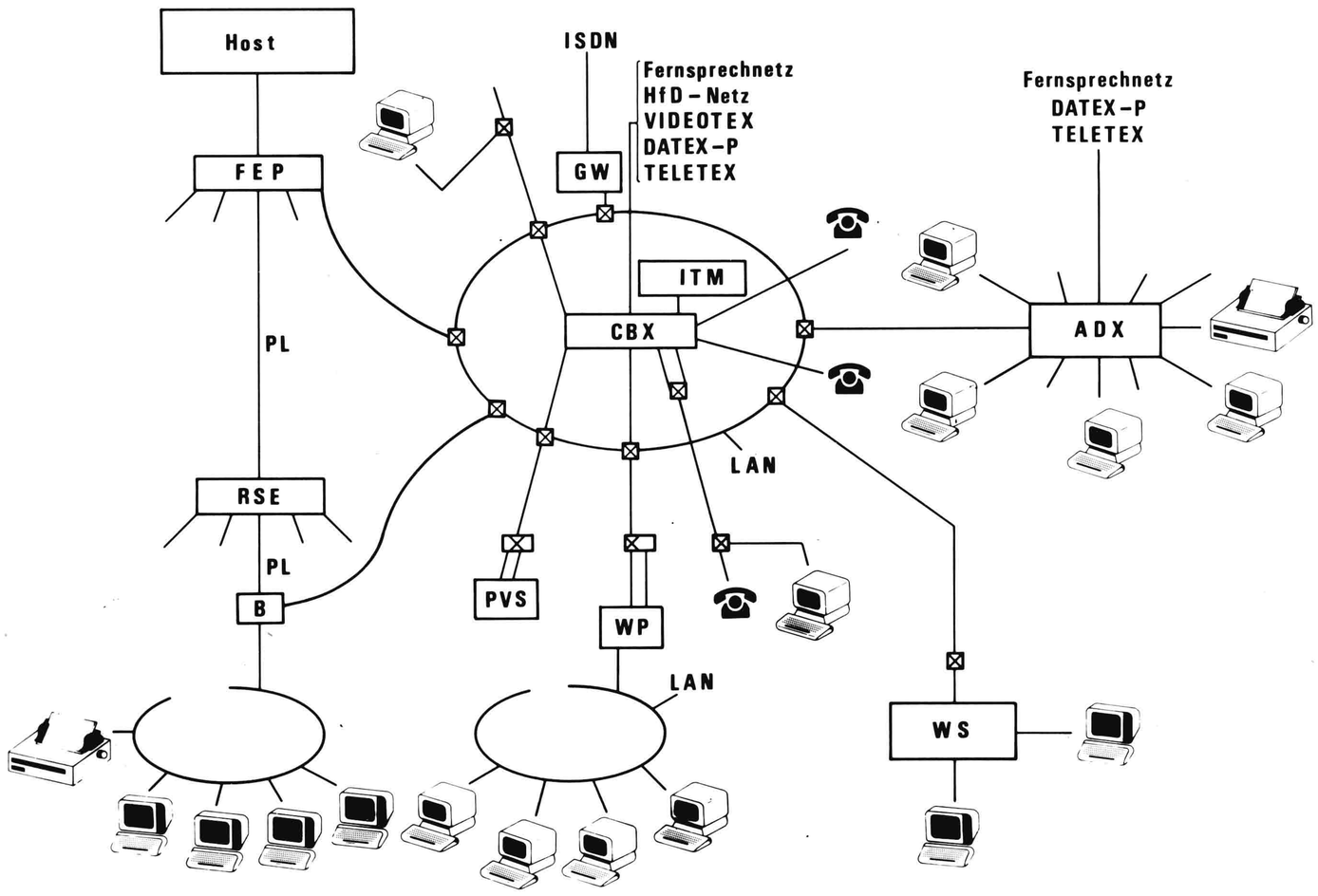


Abb.19. Integration von LAN und CBX bzw. Datenvermittlung ADX. *ITM* Protokoll-Umsetzer LAN/CBX, *GW* Gateway, *FEP* front-end-Prozessor, *RSE* abgesetzte Vermittlung, *PL* private line, *WS* Workstation, *WP* Textverarbeitung, *PVS* file server

Tabelle 8. Erwartete Marktanteile von LAN und CBX (A.D.Little 1985)

1987		1992	
Baseband bus	20 percent	Baseband bus	15 percent
Broadband bus	15 percent	Broadband bus	10 percent
		Token ring	5 percent
Token ring	10 percent	Token ring with PBX	10 percent
Token bus	10 percent	Token bus	20 percent
Centralized LAN	20 percent	Centralized LAN	15 percent
Third-generation PBX	15 percent	Third- and fourth-generation PBX with LAN	25 percent
PBX with integrated LAN	10 percent		

Fall, da der Gateway die Funktion des Netzabschlusses übernimmt. Nachteilig ist, daß die Stationen nicht über Netzadressen erreicht werden könnten: vgl. die Adressierungsproblematik bei der NStA.

B) Das LAN wird als OSI-Subnetwork (Teilnetz) eines globalen OSI-Netzes behandelt, wie auch das Netz der NStA. Da die NStA verbindungsorientiert überträgt, muß das LAN durch ein sog. Konvergenzprotokoll einen verbindungsorientierten Vermittlungs-Dienst bereitstellen. Die ISO favorisiert dafür die Paketebene von X.25 über der verbindungsorientiert arbeitenden LLC-Schicht. Dies bedeutet:

- der LAN-Service entspricht dem OSI Global Network Service;
- das globale OSI-Network endet im Endgerät;
- der Gateway ist Schicht-3-Relais, er setzt die Vermittlungsprotokolle um;
- die OSI-Schichten 4 bis 7 sind transparent für den Gateway.

Diese Lösung sieht eine Reihe von Funktionen der Schichten 2 auch in Schicht 3 vor und läßt ein schlechteres Verkehrsleistungs-Verhalten erwarten. Deshalb wurden Alternativen diskutiert [5]. Da jedoch bei dieser Lösung die Möglichkeit besteht, durchschaltevermittelte Dienste des ISDN über das LAN den angeschlossenen Endgeräten in vollem Leistungsumfang verfügbar zu machen, wird sie längerfristig größere Bedeutung erlangen als A). Gleichzeitig ist jedoch erforderlich, daß LANs benutzungsrechtlich ebenso behandelt werden (Zulassung etc.) wie die Nebenstellentechnik.

Zu erwähnen ist schließlich, daß im Zusammenhang mit der Standardisierung des MAP (manufacturing automation protocol) der in Abb.18 gezeigte Schicht-3-Gateway als *Router* bezeichnet wird. Ein Gateway liegt demnach nur vor, wenn auch Protokolle der Anwendungsschichten zweier Systeme verschieden sind.

6.3. Erwartete Entwicklung

Nachdem heute die Transportprotokolle für LAN-interne und LAN-LAN-Kopplung im wesentlichen verstanden und weitgehend z.B. bei der ECMA akzeptiert sind, wird zwangsläufig die Kopplung von LANs mit Fernnetzen in den Schwerpunkt des Interesses rücken.

In einem nächsten Entwicklungsschritt scheint die Integration von durchschaltevermittelten und paketvermittelten Diensten auch im innerbetrieblichen Bereich sinnvoll zu sein, um den Global Network Service z.B. des ISDN-Netzes nicht im Gateway enden zu lassen. Daraus ergeben sich Anforderungen an NStAn der 4.Generation, die Lösungen, bestehend aus einer

Vernetzung von dezentralisierten Modulen für Durchschalte- und Paketvermittlung über optische LANs, sinnvoll erscheinen lassen.

Unabhängig von der Wertung, ob gegebene Aufgaben mit einer CBX oder einem LAN-System besser gelöst werden können, ist zu erwarten, daß sich beide Systeme nebeneinander für verwandte Aufgaben einführen werden. Sprachkommunikation wird bis auf weiteres die vom Verkehrsaufkommen unfangreichste Anwendung im lokalen Bereich bleiben. Auch wenn Sprache in Zukunft digital übertragen wird, werden CBX- und nicht LAN-Systeme den Großteil der Netze für die lokale Kommunikation stellen. Dies gilt vor allem für Europa.

Mittelfristig werden CBX- und LAN-Systeme zu einem integrierten lokalen Kommunikationsnetz für Sprache und Daten verschmelzen (Abb. 19). Dabei werden die Stärken beider Systeme im Prinzip für jeden Dienst verfügbar sein, insbesondere ist jedoch ein Übergang für die Datenkommunikation zwischen beiden Medien dann leicht möglich. Als typisches Beispiel eines integrierten Netzes für Sprache und Daten kann das SOPHOMATION-Konzept von PKI dienen. Es erfüllt praktisch alle in Abb. 19 gezeigten Anforderungen, hat sich aber bisher noch nicht am Markt durchgesetzt – u. a. wegen benutzungsrechtlicher Probleme.

Längerfristig stehen für den lokalen Bereich Lösungen in Aussicht, bei denen auch die CBX eine dezentrale Struktur haben wird, ähnlich der eines LANs. Die Sprachvermittlung wird dann, ähnlich wie die Datenvermittlung bei LANs, dezentral durch intelligente Einrichtungen in der Nähe der Endgeräte durchgeführt werden. Auf dem digitalen Übertragungsmedium, das typisch als Koaxial- oder Glasfaserkabel ausgeführt ist, werden gleichzeitig kanalvermittelte und paketvermittelte Verkehre übertragen werden können. Es wird also wahrscheinlich ein hybrides System entstehen, welches die Vorzüge kanal- und paketvermittelter Systeme gleichzeitig verfügbar macht.

Tabelle 8 zeigt eine Schätzung über die zukünftige Verbreitung von LAN- und CBX-Systemen, einschließlich der integrierten Version. Man sieht, daß integrierte Systeme in den USA 1992 wahrscheinlich einen Marktanteil von 25% und LANs den größeren Anteil haben werden, zu 10% sogar CBX-Funktionen übernehmen. Die Vorhersage der Tabelle für die USA weicht deutlich von der für Europa gemachten Aussage ab. In den USA fördert möglicherweise das Fehlen des Fernmeldemonopols die Entwicklung von LANs in besonderem Maße.

Integrierte Systeme beseitigen u. a. auch alle durch die „Schmalbandigkeit“ des 64-kbit/s-Kanals der ISDN-CBX gegebenen Grenzen, wie sie für die Übertragung bewegter Bilder und hochauflösender Graphik heute bestehen. Ob dieser Prozeß durch die ergänzende Einführung des in Diskussion befindlichen Breitband-ISDN mit 140 Mbit/s maximaler Übertragungsrate pro Kanal wesentlich beeinflußt werden wird, kann noch nicht verbindlich gesagt werden. Diese Technik wird zweifellos im Nebenstellenbereich ihre Schatten vorauswerfen.

Wahrscheinlicher ist allerdings, daß die wachsende Fähigkeit, auch sehr komplexe Funktionen preisgünstig zu integrieren, dazu führen wird, daß fast alle heute kanalvermittelten Dienste paketvermittelt übertragen werden und dabei die Übertragungskapazität eines Mediums optimal an die Durchsatzbedürfnisse der einzelnen Dienste angepaßt wird. Vorreiter sind die Experimentiernetze von AT&T in den USA, die auf ISDN-Primärgruppen (in der in den USA üblichen Version mit nur 1536 kbit/s) in der Fernebene über ein Knotennetz bereits heute paketiert Daten, Graphik und Sprache übertragen und dabei eine besonders hohe Ausnutzung der Übertragungswege erreichen. Diese Technik wird zur Marktreife führen, wenn die bisher in der Praxis bewährte Hypothese auch in Zukunft nicht an Bedeutung verliert, daß – wo immer wirtschaftlich möglich – Verarbeitungsleistung gegen sonst erforderliche Übertragungskapazität eingetauscht werden wird.

Für die kritische Durchsicht des Manuskriptes und wertvolle Anregungen möchte ich den Gutachtern des Informatik-Spektrums, darunter Dr. Suppan-Borowka, herzlich danken.

Literatur

1. Bellamy, J.: Digital Telephony. New York: Wiley 1982
2. Pulse Code Modulation (PCM) of Voice Frenquencies. CCITT, Red Book, Vol. III, Fasc. III.3, VIII th Planery Assembly, Malaga-Torremolinos, Oct. 1984, p. 85–93
3. ECMA Standards for Local Area Networks: ECMA-80/81/87: CSMA/CD Baseband Coaxial Cable System/Physical Layer/Link Layer. ECMA-89: Token Ring Techniques. ECMA-90: Token Bus Techniques. Free Copies from European Computer Manufactures Association, 114 Rue du Rhone, CH-1204 Genf
4. Höring, K., Bahr, K., Struif, B., Tiedemann, C.: Interne Netzwerke für die Bürokommunikation. Heidelberg: R. v. Deckers Verlag, G. Schenk 1983
5. Fromm, I.: Standardisierung Lokaler Netze. Informationstechnik *28,* 20–36 (1986)
6. Nachrichtenvermittlungstechnik: Begriffe. NTZ *35,* 481–488, 549–558 (1982)
7. Daten- und Textkommunikation: Begriffe. NTZ *36,* 697–708, 767–777 (1983)
8. Spaniol, O.: Konzepte und Bewertungsmethoden für lokale Rechnernetze. Info.-Spektrum *5,* 152–170 (1982)
9. Swoboda, J.: Digitale Nebenstellenanlagen im dienstintegrierenden digitalen Netz ISDN. Info.-Spektrum *7,* 137–153 (1984)
10. Walke, B.: Datenkommunikation, Teil 1 und 2, ELTEX-Studientexte. Heidelberg: Hüthig 1987
11. Ware, C.: The OSI Network Layer Standards to cope with the real world. Proc. IEEE *71,* 1384–1387 (1983)
12. IEEE Standards for Local Area Networks: 802.2 Logical Link Control, 802.3 CSMA/CD Access Method and Physical Layer Specification, 802.4 Token Passing Bus Access Method and Physical Layer Specification, 802.5 Token Ring Access Method and Physical Layer Specification. ANSI/IEEE Std. 802.X-1985, IEEE, 345 East 47th Street, New York, NY 10017, USA

Weitere nicht zitierte Literatur

Bocker, P.: ISDN: Konzept, Verfahren, Systeme. Berlin-Heidelberg: Springer 1986
Effelsberg, W., Fleischmann, A.: Das ISO-Referenzmodell für offene Systeme und seine sieben Schichten. Info.-Spek. *9,* 280–299 (1986)
Franck, R.: Rechnernetze und Datenkommunikation. Berlin-Heidelberg: Springer 1986
Kauffels, F.-J.: Lokale Netze. Köln: Rudolf Müller 1986
Kellermayer, K.H.: Lokale Computernetze LAN. Wien-New York: Springer 1986
Neumaier, H. (Hrsg.): State of the Art 2, Lokale Netze. München: R. Oldenbourg 1986
GI-Präsidium: Für eine breitere Diskussion über das Für und Wider des ISDN. Info.-Spek. *10,* 205–214 (1987)
Schwartz, M.: Telecommunikation Networks 4: Protocols, Modeling and Analysis. Reading, Mass.: Addison-Wesley 1987
Tanenbaum, A.S.: Computer Networks. Englewood Cliffs: Prentice-Hall 1981

Eingegangen 30.3.1987; in überarbeiteter Form 23.11. 1987

Prof. Dr.-Ing. Bernhard Walke
FernUniversität GHS
Fachbereich Elektrotechnik
Frauenstuhlweg 31
D-5860 Iserlohn