

Telekommunikation 2000

Ziel dieses Aufsatzes ist es, die Grundlagen des Fachgebietes mit dem aktuellen Stand der technischen Entwicklung zu vergleichen und mögliche Entwicklungsrichtungen aufzuzeigen.

Franz Fiala

bit und Bit

Ein kleiner Unterschied im Wort und doch großer Unterschied der Bedeutung. Das **bit**, die Information, die wir übertragen wollen und das **Bit**, die Daten, die wir tatsächlich übertragen.¹

Telekommunikationstechniker arbeiten an beidem: Übertragung des Bit, gleichgültig, ob es beim Empfänger einen Informationszuwachs bewirkt oder nicht und an der Reduktion des Bit, den zu übertragenden Daten zum bit, zur eigentlichen Information. Aus der Wertschöpfung, dieser Dienstleistungen entsteht der Beruf des Telekommunikationstechnikers.

Den Unterschied zwischen bit und Bit nennt man auch Redundanz. Menschliche Kommunikation und für den Menschen aufbereitete Information enthält jede Menge Redundanz. Daher sind kleine Mängel beim Gespräch keine wirklichen Hindernisse, jemanden zu verstehen.

In einem System, das nur bit verarbeitet, bedeutet aber jeder Fehler eine andere gültige Information; Fehler dürfen daher nicht passieren. Auf weiten Strecken ist der PC so ein unbarmherziger Automat. Nur gewisse Teilbereiche sind mit Redundanz ausgerüstet, um gegen Fehler gerüstet zu sein (Diskettenoperationen, Speicher mit Parity-Bit, Gespiegelte Platten). Andere Bereiche, z.B. IO-Transfers, Cache-Speicher, die CPU selbst leben davon, daß Fehler sofort zu einem Systemanstoß führen würden und daher mehr als auffallen.

Die Reduktion des Bit zum bit ist nur ein Teil des Problems, denn unsere Kanäle widersetzen sich der fehlerfreien Übertragung, daher ist es in allen Fällen notwendig, zu der abstrakten Information des bit wieder Schutzinformation zuzufügen, damit der Empfänger eine Botschaft als richtig identifizieren kann.

Die Betätigungsfelder der Telekommunikation stellen sich so dar:

1. Beschreibung der sinnlich erfahrbaren Welt durch elektronische Abbilder in Form von Daten
2. Reduktion der Datenmenge auf das Wesentliche, das Relevante, Beseitigung jeder Redundanz
3. Hinzufügen jener Redundanz, die nötig ist, um unvermeidlichen Störungen der Übertragung erfolgreich zu begegnen
4. Effiziente Übertragung dieser Daten durch beste Ausnutzung der verfügbaren Technologien
5. Aufbereitung der Daten für den Menschen

Betrachtungen über die Bedeutung der Information, die Sender oder Empfänger ihr beimessen, (der semantische Aspekt der Information) sowie die Wirkungen der Information auf die Menschen (der pragmatische Aspekt der Information) werden bei den rein technischen Fragen nicht betrachtet. /Woschni/

Das Ziel der Nachrichtenübermittlung aber ist immer, die zu übertragenden Bits soweit von Ballast zu befreien, daß letztlich nur jene bits verbleiben, die für den Empfänger bestimmt sind. In diesem Idealfall wären bit und Bit gleich. Aus diesem Bestreben resultieren alle Verfahren zur Datenkompression, Kodierung, Fehlersicherung... aber auch Programmier-techniken wie die Client-Server-Architektur und genauso Marketingmethoden und Werbestrategien bis hin zu den Tricks der Homepagegestaltung.

Was hat das Bit oder bit mit Werbung und Homepage zu tun? Bedenken wir, daß menschliche Aufnahmefähigkeit mit etwa 20 bit/s angegeben wird. Der tatsächliche Datenfluß über die Sinnesorgane in Bit/s, ist demgegenüber sehr groß, es findet daher eine enorme Vorverarbeitung der Information und Reduktion auf das Wesentliche statt.

Information, die in diesen 20 bit/s dabei sein will, die in einer informationsüberflut-

teten Umgebung erkannt werden soll, muß diesem Umstand Rechnung tragen. Sie muß sich tatsächlich als Information anbieten und nicht als die Wiederholung der Wiederholung, die eben keinen weiteren Neuigkeitswert für den Empfänger darstellt.

Andererseits führt eine Überforderung des Empfängers "Mensch" möglicherweise zu einer unerwünschten Abkehr von der Botschaft.

Beispiel 1: Proxies als Bit-bit-Wandler

Ein Kommunikationstechniker (z.B. Internet Provider) hat den Auftrag, eine Informationsmenge in Bit zu übertragen ohne Rücksicht darauf, ob es tatsächlich Informationen oder nur irrelevante Botschaften sind.

Anders als die Briefpost protokollieren Proxy-Server die Informationen mit. Nicht nur den Absender und Empfänger sondern den gesamten Nachrichteninhalt. Sie halten eine Kopie dieser Information, solange der Speichervorrat reicht. Der Proxy-Server unterscheidet daher bei Informationsanfragen zwischen Informationen, die er bereits kennt (Bit) und solchen, die er erst anfordern muß (bit). Diese Technik ist als Proxy-Server bekannt und ist eine einfache aber wirkungsvolle Möglichkeit, durch Gedächtnis (Speicherung) zwischen Information mit Neuigkeitswert (bit) und dem Bekanntem (Bit) zu unterscheiden und damit Geld zu sparen.

Beispiel 2: Client-Server-Technik als Bit-bit-Bit-Wandler

Sender und Empfänger von Nachrichten sind trotz dieser Techniken gut beraten, möglichst nur das bit zu übertragen, denn das übertragene Informationsvolumen will ja auch bezahlt werden. Und um das zu erreichen, werden seitens der Softwarehersteller viele Anstrengungen unternommen. Alle Kompressionstechniken zählen dazu. Jede Kompressionstechnik versucht, gleichbleibende, sich wiederholende Information (Redundanz eben) zu erkennen und durch eine möglichst gleich-

¹ **bit** ist die Einheit der Information. In diesem Aufsatz wird zusätzlich mit **Bit** irgendeine binäre Entscheidung bezeichnet, unabhängig vom Informationszuwachs, der in dieser Nachricht steckt. Eine Datenverbindung überträgt Bit und nicht bit. Im allgemeinen Telekommunikationsjargon wird zwischen Groß- und Kleinschreibung nicht unterschieden, die Bedeutung, die man meint, ergibt sich aus dem Zusammenhang.

wertige, entsprechend kürzere Information zu ersetzen. Die Client-Server-Technik ist ein Meilenstein bei der Verwirklichung dieser Idee. Übertragen wird nur die Quintessenz dessen, was der Empfänger sehen soll. Um die eigentliche Darstellung kümmert sich der sogenannte Client. Die HTML-Syntax der Web-Seiten ist genau diese Kurzformel: Das Gesamtbild einer Seite ergibt sich aus gezielt eingesetzten kleinen Grafiken und organisierenden und beschreibenden HTML-Kode. Um die Straffung der eingebetteten Grafiken werden Kompressionsverfahren eingesetzt. Da auch der HTML-Kode selbst hochredundant sein kann, hilft ein weiteres Kompressionsverfahren - jenes bei der Modemverbindung (V.42) auch hier Übertragungszeit zu sparen.

Datensignal

Das Datensignal in Rechnersystemen ist im allgemeinen eine zufällige Abfolge von Null- und Eins-Folgen, wobei das kürzeste Signalelement mit der Dauer T eine einzelstehende Null oder Eins ist. Die Dauer T ist ein Maß für die Schrittgeschwindigkeit 1/T.

Das Spektrum dieses Datensignals ist kontinuierlich mit Nullstelle bei Vielfachen von 1/T mit sin(x)/x-Verlauf. Bemerkenswert ist das Maximum bei 0 Hz. Diesen Gleichanteil kann man sich durch lange "1"-Folgen veranschaulichen.

Im allgemeinen ist für die fehlerfreie Übertragung ein Frequenzband bis 1/T erforderlich, d.h. bei 2400 Baud Schrittgeschwindigkeit benötigt man einen Frequenzbereich von 1200 Hz. Diese Frequenz wird auch Nyquistfrequenz genannt.

Aus Gründen der technischen Realisierbarkeit wird in Rechnersystemen immer mit binären Signalen gearbeitet.

Informationsmenge

Das Problem der Telekommunikation sind Informationsmengen, die pro Zeiteinheit zu übertragen sind. Die Informationsmengen werden durch die Art der zu übertragenden Informationen bestimmt.

Auf der einen Seite stehen zu bewältigende Informationsmengen, die mehr oder weniger aufnahmefähigen Übertragungskanälen gegenüberstehen. Informationsmengen, die man möglichst auf das Wesentliche beschränken will und Übertragungskanäle, die man möglichst auf das technisch Machbare ausnützen will.

Übertragungskanal

„Kanal“ ist das richtige Wort Eine künstlich angelegte Wasserstraße stand dem Informations"kanal" nicht zu Unrecht Pate bei der Namensgebung.

Wenn Wasser die Information ist, bestimmen Querschnitt (Bandbreite und Informationsgehalt) und Strömungsgeschwindigkeit (bit/s) ihre Transportkapazität. Nimmt das zu transportierende Wasservolumen zu, gibt es Überschwemmungen, (man kann Information nicht mehr in Echtzeit übertragen und muß beispielsweise Videos zuerst downloaden und dann abspielen), nimmt das Wasservolumen ab, gibt es Reserven, und man kann zusätzliches Wasser leiten (oder mehrere Verbindungen gleichzeitig betreiben).

Kanaltiefe = Stufenzahl, Dynamik

Kanalbreite = Bandbreite

Kanalströmung = Geschwindigkeit

Stufenzahl

Zur Übertragung ist es aber wesentlich zweckmäßiger, die Spannungshöhe nicht nur auf zwei Niveaus (0 und 1) zu beschränken, sondern mehrere Niveaus zu verwenden, denen dann mehrere Bits zugeordnet werden. Man spricht von Dibits, Tribits, Quadbits. Die zugehörigen Signale nennt man Ternäre, Quaternäre.. Signale. Allzu viele Niveaus sind dabei auch nicht die beste Lösung, denn man muß sie nach der Übertragung auch wieder unterscheiden können.

Die Umwandlung der binären Datenfolgen in die durch den Kanal verarbeiteten mehrwertigen Datenfolgen übernehmen Kodierer und Dekodierer.

Für die benötigte Bandbreite ist die Änderungsgeschwindigkeit der Zustände maßgebend, die sogenannte Schrittgeschwindigkeit (in Baud). Die Schrittgeschwindigkeit ist bei mehrwertigen Signalen immer kleiner als die Bitrate (in Bit/s), bei binärer Übertragung ist sie gleich.

Beispiel

4-wertiges Signal überträgt mit einem Zustand 2 Bit. Daher ist die Schrittgeschwindigkeit (Änderungsgeschwindigkeit des Signals) halb so groß wie die Bitgeschwindigkeit.

Bei der Übertragung ist es daher möglich, die Amplitude (oder auch ein anderes Signalmerkmal) mit mehr als nur einer Stufe auszureizen. Mehrstufige Signale sind bei den Übertragungsverfahren eher die Regel. Eine bestimmte Amplitudenstufe überträgt nicht mehr nur ein Bit sondern gleichzeitig mehrere. Je mehr man die Zahl der Stufen steigert, desto mehr ähnelt das Signal einem analogen Signal, mehr noch: bei zufälligen Datenfolgen nähert sich die Signalform zunehmend einem Rauschsignal.

Es könnte der Eindruck entstehen, die Erhöhung der Bitgeschwindigkeit könnte durch Erhöhung der Stufenzahl beliebig

groß gemacht werden. Leider ist diesem Wunsch ein Riegel in Form von Störungen vorgeschoben.

Rauschen=Feind Nummer 1

In der Realität sorgt die Umwelt dafür, daß die Geschwindigkeiten nicht beliebig groß gemacht werden können. Das allgegenwärtige Rauschen macht es bei großer Stufenzahl für den Empfänger unmöglich, benachbarte Stufen richtig zu unterscheiden. Die diesbezügliche Einschränkung stammt von Shannon und sagt, daß die Stufenzahl s (Dynamik) durch das Rauschen (N) eine Grenze erfährt, da das Signal S nicht beliebig groß gemacht werden kann:

$$s = lb \sqrt{1 + \frac{S}{N}}$$

Diese Beziehung zeigt auch anschaulich, daß bei kleiner werdendem Rauschteil N die unterscheidbare Stufenzahl tatsächlich beliebig zunimmt, andererseits aber auch, daß bei größer werdendem Rauschen die Stufenzahl zwar klein, wird aber nicht Null, daher kann man auch über sehr stark gestörte Kanäle Informationen übertragen.

Bandbreite Bandbreite

Traditionell versteht man unter Bandbreite einen zusammenhängenden Frequenzbereich, der für Signalübertragung genutzt werden kann. Informationsübertragung kann sich nie mit nur einer Frequenz begnügen, immer ist es ein ganzer Bereich, der dazu benötigt wird. Neuerdings bezeichnet man aber mit „Bandbreite“ auch die Datenrate einer Verbindung.

Wassermenge = Informationsvolumen

Das allgemeine Transportproblem von Wasser und Daten läßt sich leicht auf einen Nenner bringen: eine pro Zeiteinheit anfallende Wassermenge (Informationsmenge) muß befördert werden. Der Kanal kann dabei unterfordert oder überfordert sein. Die Unterforderung läßt gleichzeitig weitere Zuflüsse (oder Datenquellen) zu, die Überforderung schreit nach einer Verbreiterung (Bandbreitenzuwachs) oder Vertiefung (Erhöhung der Dynamik). Ist beides nicht möglich, kann auch keine Echtzeitübertragung durchgeführt werden. Diesen Effekt kennt jeder, der z.B. Sprachausgabe an langsamen 386er-Systemen versucht oder Videos ohne Download abspielen möchte. Die hier beschriebenen Zusammenhänge werden gerne in einem Informationsquader und in einer gemeinsamen Formel zusammengefaßt, die die Kanalkapazität C in Bit/s beschreibt.

$$C = B \cdot \log_2 \left(1 + \frac{S}{N} \right)$$

Kanal	Bandbreite	Rauschabstand	Kanalkapazität
Telefon analog	3.1kHz	40 dB	40 kBit/s
Telefon digital	3.1kHz	65 dB	65 kBit/s
Fernsehen	5MHz	45 dB	75 MBit/s

Reale Kanäle

Theoretische Modelle werden zunächst für einen idealen Kanal abgeleitet. Das ist ein Kanal ohne untere Bandgrenze, mit idealem rechteckigen Frequenzgang, mit Signal- und Rauschanteilen, deren Amplitudenverteilung eine Gaußverteilung aufweisen.

Reale Kanäle besitzen aber eine obere und untere Frequenzgrenze, die Flanken des Bandes sind keineswegs rechteckförmig, weder Störungen noch das Signal haben immer Gauß'sche Amplitudenverteilung.

Nur wenige Kanäle können für Daten „as is“ verwendet werden. In allen Weitverbindungen müssen die Daten an den Kanal angepaßt werden.

Datenkompatibel sind kurze galvanische Verbindungen und auch das ist eine Frage der Datenrate. Bereits die V.24-Schnittstelle zeigt eine kräftige Abhängigkeit der erreichbaren Maximalgeschwindigkeit von der Kabellänge.

Telefonkanal

Das Telefon ist das größte weltweite Netzwerk, das auch für Datenübertragungszwecke genutzt werden kann. Es erreicht die größte Zahl von Endbenutzern, ein wichtiges Kapital der Postgesellschaften. Doch erhält das Netz der Post zunehmend Konkurrenz; bei der Enduseranbindung durch die Kabelgesellschaften, durch Satelliten, das Handy, bei den Standverbindungen zunächst durch die neuen Netzanbieter und durch genehmigungsfreie Richtfunkverbindungen.

Grenzen

Nehmen wir einmal die Begrenzungen des Telefonnetzes vorweg, die sich durch Bandbreite und Störabstand ergeben. Die Shannonsche Formel ergibt bei 40 dB Rauschabstand und 3100 Hz Bandbreite ein Übertragungsmaximum von 40000 Bit/s,

eine Größe, der wir mit 33600 Bit/s bereits sehr nahe gekommen sind.

Nur der etwas größere Störabstand der digitalen Vermittlungsstellen und Tricks mit ISDN-Nebenstellen bieten noch ein paar Schlupflöcher.

Die theoretische Stufenzahl des Übertragungsverfahrens ist durch den nicht verbesserbaren Rauschabstand an einer Grenze angelangt. Geschwindigkeitsreserven bietet nur die vergrößerbare Bandbreite. Wie, das erzählen wir später.

Das öffentliche Fernsprechnet ist nicht von vornherein für Datenübertragung konzipiert, und daher ist Einiges zu berücksichtigen.

Die Teilnehmerleitung

Die Teilnehmerleitung ist eine 2-Drahtleitung zum nächsten Wählamt. Viele Teilnehmerleitungen ergeben zusammen dicke Leitungsbündel.

Störend wirkt einerseits die unmittelbare Nachbarschaft gleichrangiger Adernpaare (Nebensprechen), eine mit der Frequenz zunehmende Dämpfung und eventuelle Einstreuungen benachbarter Störfelder. Die Beeinflussungen werden durch die symmetrische Signalführung und verdrehte Ausführung der beiden Leitungen gering gehalten.

Beachten Sie, daß auf der 2-Drahtleitung der Signalfluß in beiden Richtungen erfolgt.²

Eine scharfe Bandbegrenzung ist aber nicht zu verzeichnen.

Die erwähnte Dämpfungszunahme mit der Frequenz hat bei normalen Telefongesprächen zur Folge, daß mit zunehmender Leitungslänge die Verständigungsqualität abnimmt. Einerseits wird das Signal kleiner, andererseits fehlen die hohen Frequenzen.

Dem begegnet man mit zwei Maßnahmen:

Gegen die allgemeine Dämpfungszunahme verwendet man dickere Leitungen, denn mit zunehmendem Leitungsquerschnitt nimmt die Dämpfung ab.

Gegen die Frequenzabhängigkeit der Dämpfung setzt man Bepulung ein. Das sind Längsinduktivitäten, die in regelmäßigen Abständen in die Leitungsführung eingesetzt werden. Diese Spulen bewirken eine Begradigung des Dämpfungsverlaufs

im Sprachbereich, doch eine umso größere Dämpfung bei höheren Frequenzen.

Während der größere Leitungsquerschnitt auch der Datenübertragung zu Gute kommt, bewirkt die Bepulung eine Laufzeitverzerrung, die sich auf die Datenübertragung sehr ungünstig auswirkt. Außerdem beschränkt die deutliche obere Frequenzgrenze die Möglichkeiten der Datenübertragung.

Analoge Vermittlungsstelle

Eine analoge Ortsvermittlungsstelle schalte(te) den Verbindungswunsch über elektromechanische Wähleinrichtung zum gerufenen Teilnehmer durch. Diese Vermittlungseinrichtungen verursach(t)en durch die Nachbarschaft relativ hoher Schaltspannungen (48V) und der Signalleitungen unregelmäßige Störungen, die man als Knackgeräusch in unregelmäßigen Zeitabständen wahrnimmt. Diese Art der leitungsgeschalteten Verbindungen verschlechtert(e) einerseits die Signalqualität und den Signal/Rauschabstand, andererseits wurde das Frequenzband der Teilnehmerleitung nicht wesentlich verändert. Die Vergangenheitsform ist in den Ballungsräumen anzuwenden, in kleineren Gemeinden wird aber diese Technik noch einie Zeit anzutreffen sein.

Digitale Vermittlungsstelle

Moderne, digitale Vermittlungsstellen schalten nicht mehr einzelne Leitungen zwischen den Teilnehmern. Das Sprachsignal wird vielmehr digitalisiert und die binären 64k Datenströme werden über logische Schaltkreise geschaltet. Einerseits gibt es die oben erwähnten Knackgeräusche nicht mehr, andererseits gibt es eine bei analogen Vermittlungsstellen unbekannte Bandbegrenzung auf 3,1 kHz, die bei der Digitalisierung entsteht. Für den Sprachteilnehmer bieten die digitalen Vermittlungsstellen einen hörbaren Qualitätsvorteil, für den Netzbetreiber eine erhebliche Reduktion des Wartungsaufwandes und letztlich eine Kostensenkung durch billigere Fertigung. Für die Datenübertragung begrenzen sie das verfügbare Frequenzband auf 3,1 kHz, doch mit mehr darf man im öffentlichen Wählnetz ohnehin nicht rechnen.

Analoge Fernverbindung (Frequenzmultiplex)

In den Anfängen der Fernmeldetechnik waren Verstärker unbekannt. Die mit der Leitungslänge zunehmende Dämpfung wur-

² Das bedeutet aber nicht, daß eine Leitung für beide Richtungen vorgesehen ist, sondern beide Leitungen sind für beide Richtungen erforderlich. Durch eine Brückenschaltung an beiden Enden der Leitung wird sichergestellt, daß (vom Mikrofon) abgehende Signale nicht vom eigenen Hörer empfangen werden und auch nicht vom fernen Ende reflektiert werden. Wenn dieser Leitungsabschluß nicht gelingt oder durch Parallelschaltung von Geräten gestört ist, kommt es zu einer Verschlechterung der Verständigungsqualität bei Sprache und zu Beeinträchtigungen der Datenübertragung.

de einerseits durch große Leitungsquerschnitte andererseits durch Bepulung auf ein erträgliches Maß reduziert. Immerhin konnte man mit diesen Mitteln auch damals schon Ferngespräche führen.

Heute gleicht man bei Weitverbindungen die Dämpfungsverluste durch zwischengeschaltete Verstärker aus, und daher verwendet man hier 4-Draht-Leitungen (1 Paar für jede Richtung) oder Koax-Kabel mit regelmäßig eingeschalteten Verstärkerstufen oder Richtfunkstrecken.

Gleichzeitig gilt es, die teure Leitung möglichst mehrfach auszunutzen, um nicht für jeden einzelnen Sprachkanal einen eigenen Verstärker einzusetzen sondern einen für mehrere. Die Fernverbindung klassischer Bauart investiert Bandbreite zur gleichzeitigen Übertragung mehrerer Sprachkanäle über eine gemeinsame Leitung (4-Draht- oder Koaxial-Leitung). Sie begrenzt aber gleichzeitig das Sprachband auf 3.1 kHz, eine Größe, die zur Sprachverständlichkeit ausreichend ist. Dieser Signalweg bietet für Sprachsignale eine gute Qualität auch für mehrere hintereinandergeschaltete Modulationsabschnitte, doch jeder Abschnitt bedeutet eine neuerliche Zwischenschaltung von Filtern, die die Datenübertragung ziemlich beeinträchtigen können. Eine weitere Hürde für die Datenübertragung sind die Frequenzabweichungen zwischen den erforderlichen Oszillatoren, die den Einsatz von Modems erzwingen.

Digitale Fernverbindung (Zeitmultiplex)

Gleichzeitig mit der digitalen Ortsvermittlungsstelle werden die klassischen Fernverbindungs Kanäle im Frequenzmultiplex durch Zeitmultiplexsysteme ersetzt. Da in digitalen Vermittlungsstellen das Sprachsignal digitalisiert wird und danach als Datensignal mit 64 kBit/s vorliegt, werden für die Übertragung mehrerer Sprachkanäle die einzelnen Bits in einem Multiplexer vereinigt, sodaß sich entsprechend höhere Datenraten für mehrere Datenkanäle ergeben. Die erste Stufe faßt 32 Sprachkanäle zusammen, damit ergibt sich eine Datenrate von 2048 kBit/s.

Wesentlich bei den Zeitmultiplexsystemen ist, daß auch längere Verbindungen keine weitere Qualitätsverschlechterung für Sprache oder Daten bringt.

Datenübertragung gestern

Vor 10 Jahren war es die Aufgabe der Modemkommunikation, Verbindungen zu verschiedenartigen Datendiensten herzustellen. Jede der Gegenstellen verhielt sich anders, sei es durch die Entfernung, durch die Art der Teilnehmerleitung, durch die Art der Verbindung (Ortsverbindung, Fernverbindung) oder durch die Bauart des Modems der Gegenstelle. Man kommunizierte mit Mailboxen, mit dem PSK-Rechner

mit PAN/BTX und CompuServe. Nicht immer kam die Verbindung zustande. Kompatibilität der Endgeräte war erstes Gebot. Es war nicht eine Sache für die breite Masse, es war etwas für ein paar Spezialisten.

Datenübertragung heute

Durch das Internet, das praktisch flächendeckend verfügbar ist, sind Fernverbindungen mit Modems nicht mehr von Bedeutung. Heute entfällt der Großteil der Datenverbindungen auf solche zu Providern und diese sind vorzugsweise im eigenen Ortsnetz zu finden. Enduser verbinden sich nicht mehr zu vielen verschiedenen Endstellen sondern nur zu einer: zu ihrem Provider. Es ist daher nicht mehr ganz so wichtig 100%ig kompatibel zur ganzen Welt zu sein, kompatibel zum eigenen Provider zu sein, genügt. Das kann man auch bereits an den neuen Standards für 56 kBit/s ablesen. Es gibt sowohl Provider mit k56flex- als auch für X2-Modems. Aber auch wenn Sie "nur" ein 14,4 oder 28,8 kBit/s-Modem haben: die 56 kBit/s sind eine ohnehin nur selten erreichte Traumgrenze. Nicht an der Schnittstelle, und wenn, dann können wir damit bestenfalls Daten von Hosts in der Nachbarschaft laden.

Diese Veränderung im Verbindungswunsch verlagert aber unser Augenmerk wieder auf das Ortsnetz, denn hier kommt unsere unmittelbare Verbindung zustande. Wie es weitergeht, ist Sache der Provider. Betrachtet man unsere digitale Ortsvermittlungsstelle, könnte man fast der leitungs geschalteten analogen Vermittlungsstelle nachweinen, denn diese hatte keine Frequenzbegrenzung und der geschaltete Frequenzbereich lag weit über den 3.1 kHz einer digitalen Vermittlungsstelle.

Modem wozu?

Modems passen die Charakteristik des Datensignals an die Charakteristik des Kanals an. Der Modulationsvorgang ist wegen zweier Kanalgrößen von Bedeutung:

1. Bandbreite des Kanals beginnt nicht bei Null
2. Frequenzänderungen bei der Übertragung

Alle anderen Einflußgrößen wie Störungen, Verzerrungen erschweren zwar die Übertragung, würden aber auch ohne Modem bewältigt werden können.

Entfallen die beiden Einschränkungen, genügen einfachere Kodierverfahren, die anstelle der aufwendigeren Modems eingesetzt werden können. Diese Geräte heißen **Codecs** oder **Ortsleitungsmodems** oder **Basisbandmodems**. Am ehesten würde der Name **Codec** Kodierer/Dekodierer (In Anlehnung an "Modem") die Funktionsweise beschreiben. Der Name Ortslei-

tungsmodem bezieht sich auf den Umstand, daß diese Geräte in erster Linie auf Verbindungen des Ortsnetzes Anwendung finden, der Name Basisbandmodem auf die fehlende Modulation: der Frequenzbereich des Datensignals verläßt seine ursprünglich Lage nicht.

Modems, wie lange noch?

An ISDN-Anschlüssen sind Modems eigentlich Fehl am Platz. Der ISDN-Basisanschluß bietet eine Datenübertragungsgeschwindigkeit von 64 kBit/s, die durch ISDN-Karten (entspricht einem Einbaumodem) oder Terminal-Adapter (entspricht einem externen Modem) generiert werden. Die Terminaladapter oder ISDN-Karten erzeugen den ISDN-Leitungskode unmittelbar.

Man benötigt aber als Gegenstelle ein gleichartiges Gerät.

Um von einer ISDN-Endstelle mit einem analogen Modem an der Gegenstelle zu kommunizieren, muß man einen ab-Adapter vorsehen, an den ein Modem geschaltet wird; eher eine Zwischenlösung.

Mit Zunahme der ISDN-Anschlüsse wird der Bedarf an herkömmlichen Modem ab- und jener von Terminaladaptern zunehmen.

Bei Zunahme des Datenverkehrs werden für den Endbenutzer zunehmend ISDN-Anschlüsse und Direktverbindungen zum Provider interessant.

ISDN

Bei der digitalen Vermittlungsstelle wird das Signal auf der analogen Teilnehmerleitung erst in der Vermittlungsstelle in die digitale Darstellung gewandelt. Daher können Teilnehmer dieselben Endgeräte wie beim analogen Wählsystem benutzen.

ISDN (Integriertes Sprach- und Datenetz) verlagert dagegen die Digitalisierung zum Teilnehmer. Das jeweilige Endgerät muß den Datenstrom mit 64 kBit/s bereitstellen. Dafür kann der Teilnehmer verschiedenartige Endgeräte auf derselben Leitung betreiben, weil die Endgeräte im Gegensatz zum analogen Anschluß an einem gemeinsamen Leitungsanschluß, dem **NT** (Network-Teilnehmer) angeschlossen sind.

Mit einer Übertragungsgeschwindigkeit von 64 kBit/s, mancherorts sogar 128 kBit/s durchbricht ISDN anscheinend theoretische Grenzen. Zauberei? Nein! ISDN nutzt die Tatsache aus, daß die Teilnehmerleitung keine obere Bandgrenze besitzt. Auf dem Teilstück zwischen Teilnehmer und Vermittlungsstelle können Daten viel freizügiger übertragen werden als nach der Digitalisierung oder auf Fernleitungen.

Bei ISDN wird der AD-Wandler in der Vermittlungsstelle zum Teilnehmeranschluß in das ISDN-Telefon verlagert und die digitalisierten Sprachsignale kodiert auf die Teilnehmerleitung geschickt. Dabei sind sogar zwei Kanäle gleichzeitig möglich. Da ein Kanal eine Datenrate von 64 kBit/s aufweist, entspricht das auch gleichzeitig der Übertragungsgeschwindigkeit für Daten. Schaltet man beide Kanäle zusammen, erhält man die 128 kBit/s.

Was sonst noch in der Teilnehmerleitung "steckt", sieht man am ISDN-Multianschluß: 2 Adrenpaare (1 Paar in jeder Richtung) übertragen 2MBit/s, das entspricht 30 Sprachkanälen.

ISDN wurde zu einer Zeit entwickelt, als Datenübertragung noch in den Kinderschuhen steckte und deren Wachstumsraten nicht abzusehen waren. Die Kompatibilität mit dem Fernsprechnet und damit die 3 kHz-Bandbreite war vorrangig. Die damit im Zusammenhang stehende Datenrate von 64 kBit/s ergab sich durch die Abtastrate von 8 kHz und der Kodierung eines Abtastwertes in 8 Bit. Waren bei der Einführung des ISDN die 64 kBit/s eine attraktive Geschwindigkeit, so erscheinen sie heute durch die 56k-Modems gar nicht mehr so rasant.

Wir dürfen aber nicht vergessen, daß erst mit einer attraktiven Geschwindigkeit beim Enduser eine ähnliche Breitenwirkung entsteht wie bei der Einführung von Windows als Betriebssystem.

Bei den 56 kBit/s der AnalogVerbindung beziehungsweise bei den 64 kBit/s der ISDNVerbindung wird es mit dem Wunsch nach Internet-Telefonie, verstärkter Audiounterstützung und vielleicht sogar Bewegtbildübertragung nicht bleiben können und so müssen wir uns fragen, wie ausbaufähig die Teilnehmerleitung ist.

Neue Verfahren stehen vor der Tür: ADSL (Asymmetric Digital Subscriber Line), HDSL (High-bit-rate Digital Subscriber Line) Während ADSL mit verschiedenen Geschwindigkeiten in den beiden Übertragungsrichtungen arbeitet, ist HDSL für beide Richtungen gleich schnell.

Diese neuen Verfahren sind Weiterentwicklungen schon früher bekannter Ortsleitungsmodems und sind in der Technik mit dem ISDN-Übertragungsverfahren verwandt.

Durch die Kodierung wird die Signalleistung besser an den Kanal angepaßt, wird die Gleichspannungskomponente unterdrückt, wird gewährleistet, daß eine einwandfreie Taktrückgewinnung möglich ist. Durch zusätzliche Maßnahmen werden Leitungsverzerrungen ausgeglichen.

Beispiel

Das Pairgain Megabit Modem 768i benutzt eine Kodierung, die 2 aufeinanderfolgende Bits in einen quaternären Leitungskode verwandelt (4 statt 2 Amplitudenstufen). Es erreicht in beiden Richtungen 768 kBit/s. Kosten pro Paar derzeit sincerely 30.000,-. Einsetzbar auf Standverbindungen im Ortsbereich mit starker Abhängigkeit von der Leitungslänge.

Der Frequenzbereich der Ortsleitung über dem gesamten Frequenzbereich wird genutzt. Ob und welche Schwierigkeiten bei einer dichteren Belegung der Leitungsbündel mit Signalen mit höheren Frequenzanteilen die Telekom haben wird, kann man jetzt schon bei ISDN studieren.

Und wie geht es weiter? Das öffentliche Fernsprechnet, gerne als eines der Weltwunder der Neuzeit bezeichnet, bekommt Konkurrenz. Lag bisher das Schwerkrieg der Entwicklung bei der effizienten Durchschaltung von Sprachkanälen, wird diese Aufgabe in Zukunft möglicherweise teilweise durch das paketgeschaltete Internet übernommen werden können.

Unter der Annahme nach immer größeren Bandbreitenhunger wird auch das Datenaufkommen in Relation zu den Sprachdaten weiter steigen. Während heute das übertragene Datenvolumen nur einen kleinen Teil der Sprachdaten einnimmt, könnte sich diese Relation in Zukunft so ändern, daß die Daten die heutige Trägerrolle des Sprache übernehmen und der 64k-Sprachkanal praktisch nebenbei mitläuft.

Dabei erscheinen die 64kBit/s von ISDN jetzt schon viel zu gering. Bei zunehmender Verlagerung von heute leitungs geschalteten Diensten auf paketgeschaltete Dienste über das Internet wird der Bedarf nach dem traditionelle Telefonieren und der Vermittlungsstelle im Fernsprechamt abnehmen. Die Teilnehmer werden mit sich mit schnellen Fest-Verbindungen mit ihrem Provider verbinden und permanent online sein.

Ein neuer Aspekt kommt dazu: Wenn der Datenverkehr zu derselben Stelle zunimmt, wäre es doch naheliegend, das öf-

fentliche Wählnetz zu verlassen und zu einer Standleitung zu wechseln.

Die erste Hochgeschwindigkeitsleitung ist schon da: die 2 Drähte der Teilnehmeranschlußleitung in jedem Haushalt sind für die nächste Zeit genug. Es müssen sich nur Technologien verbreiten, die diese Leitungen besser ausnutzen. Im Fernsprechamt werden gewünschte Festverbindungen durchgeschaltet. Dabei machen die Leitungen aber oft einen unweckmäßigen Umweg auch wenn die Kommunikationspartner in unmittelbarer Nachbarschaft liegen. Bei den höheren Geschwindigkeiten sind aber die Leitungslängen ein wesentlicher Faktor. Da gleichzeitig der Platzbedarf für Vermittlungseinrichtungen zurückgehen dürfte, könnte eine größere Zahl kleinerer (unbemannter) Vermittlungsstellen (Durchschaltstellen) das bisherige Post- und Telegrafenam unterstützen. In den Ballungszentren gibt es Kabelnetze mit Reserven, die ebenfalls hohe Datenraten zulassen. Beide Anschlußformen werden aber durch leistungsfähige Funkverbindungen ergänzt, die bereits jetzt bei experimentierfreudigen Datenfreaks eingesetzt werden. Einerseits muß man derzeit noch mit einigen 10.000,- S Anschaffungskosten rechnen, andererseits benutzen viele diese Einrichtungen sogenannte „Jedermann“-Bänder im GHz-Bereich und sind somit gebührenfrei. Es wird berichtet, daß in den USA Funkstation auf Straßenbeleuchtungseinrichtungen montiert werden, die eine flächendeckende, ortsunabhängige Versorgung sicherstellen sollen.

Weiters gibt es bereits konkrete Pläne und erste Experimente mit geostationär angeordneten Ballonstationen in großer Höhe, die Ballungszentren flächendeckend versorgen.

Die Teilnehmeranschlußleitung ist physikalisch in der Lage, weit mehr zu übertragen als heute. Es ist fraglich, ob dazu amtsseitig Vermittlungseinrichtungen erforderlich sind, wenn die Verbindungen zunehmend durch Standverbindungen ersetzt werden können.

Zur Beobachtung der aktuellen Entwicklungen kann die Lektüre der Mailing-Liste AGTK (Arbeitsgemeinschaft Telekommunikation) empfohlen werden.

E-Mail senden an listserv@ccc.or.at ohne Betreff und mit dem Text SUBSCRIBE AGTK. Sie erhalten eine Mail pro Tag mit aktuellen Meldungen. Moderator: Martin Weissenböck.