

Das Telefonnetz

3.1 Entwicklung des Telefonnetzes

Geschichte des Telefonierens

- 1861 Am 26. Oktober 1861 stellte der deutsche Volksschullehrer Johann Philipp Reis ein von ihm erfundenes Magnettelefon beim Physikalischen Verein in Frankfurt vor. Einer der ersten Sätze, die Reis über sein Telefon hörte, war: »Das Pferd frisst keinen Gurkensalat.« Mit solch einem seltsamen Satz wollten die Kritiker ausschließen, dass sich Reis vorher mit seinem Gesprächspartner abgesprochen hatte.
- 1876 Unabhängig voneinander melden die beiden US-Amerikaner Elisha Gray und Alexander Graham Bell Patente auf neue Telefone an.
- 1877 Gründung der »Bell Telephone Company«. Fertigung von Telefonapparaten und Betreiben von Telefonverbindungen in Nordamerika.
- 1877 Der deutsche Werner von Siemens verbessert das Bell'sche Telefon. In Berlin entsteht das erste deutsche Telegraphenamt mit Fernsprecheinrichtung. Die Vermittlung funktionierte »von Hand«.
- 1889 Almon Brown Strowger erfindet die automatische Telefonvermittlung und erhält dafür ein US-Patent. Die Vermittlung funktionierte durch kodiertes Drücken von drei Tastern, die sich an jedem Telefon befanden. Später entwickelten Strowgers Partner die Wählscheibe.
- 1915 In den USA wird das elektromechanische Vermittlungsverfahren mit Drehwählern patentiert, wie es auf ähnliche Weise noch bis 1997 in Betrieb war.
- 1926 Erste Anlage nach dem Prinzip des Patentes von 1915 in Schweden.
- 1933 Erste Telex-Geräte am deutschen Telefonnetz.

- 1961 IBM Deutschland stellt ein Verfahren vor, mit dem Computerdaten über das Telefonnetz geschickt werden können. Über einen Adapter (Modem) können Computerdaten ins Telefonnetz eingespeist werden. Dies eröffnet die Möglichkeit von Datennetzen.
- 1966 Der US-Wissenschaftler Charles Kao verwendet erstmals Lichtleitfaser (Lichtwellenleiter) zur Übermittlung von Telefongesprächen.

Das deutsche Telefonnetz und dessen Nutzung in den letzten Jahren

- 1978 Das Telefon ist in fast allen deutschen Haushalten verfügbar.
- 1979 Entscheidung, die Vermittlungsstellen zu digitalisieren.
Erste Faxgeräte am deutschen Telefonnetz.
- 1982 Planung und Entscheidung für ISDN (digitales Telefonieren).
- 1984 Inbetriebnahme von BTX (Online-Dienst der damaligen Bundespost).
- 1985 Faxgeräte erobern die Büros.
- 1989 Betrieb des nationalen ISDN wird aufgenommen.
- 1992 Einführung von Datex-J (Datennetz der Telekom). BTX wird fortan über Datex-J abgewickelt.
- 1994 Einführung des »europaweit einheitlichen« EURO-ISDN.
Faxgeräte findet man auch immer mehr zur privaten Nutzung.
Beginn einer Fördermaßnahme für Datex-J durch deren Betreiber Telekom. Dies führt zu einem sprunghaften Anstieg von Datex-J-Anschlüssen.
- 1995 Beginn einer Fördermaßnahme für Euro-ISDN durch deren Betreiber Telekom. Dies führt zu einem sprunghaften Anstieg von ISDN-Anschlüssen.
- 1997 Alle Vermittlungsstellen in Deutschland sind digitalisiert. Dies eröffnet viele neue Möglichkeiten beim Telefonieren.
- 1998 Das Monopol der Deutschen Telekom auf den Fernsprechkdienst läuft aus, es gibt seit dem 1. Januar 1998 mehrere »Telefonanbieter«.
Erste Versuche das Telefonnetz für den schnellen Internetzugang per DSL zu nutzen.

1995, das Telefonnetz wird »getauft«

Seit Ende 1995 heißt das Telefonnetz der Deutschen Telekom T-Net. Eigentlich dürfte ich auch nicht Telefonnetz schreiben, sondern es müsste heißen Telekommunikationsnetz und dies zu Recht. T-Net bietet viele moderne Leistungen, auch ohne ISDN-Anschluss. Definieren wir also T-Net noch einmal: T-Net ist das Telekommunikationsnetz der Deutschen Telekom mit neuer Qualität und vielen innovativen Leistungen.

Das Telefonnetz der Telekom hat also einen Namen, es heißt T-Net. Unter anderem ein Grund für die Benennung des Netzes war die Tatsache, dass das Monopol der Telekom auf den Fernmeldedienst mit dem Jahr 1997 ausgelaufen ist. Die Telekom hatte Konkurrenz bekommen. Und wenn es mehrere Netze gibt, ist es sicherlich sinnvoll, die Netze zu benennen.

In Broschüren der Telekom ist nur noch vom T-Net oder von T-ISDN die Rede. T-Net ist das Telefonnetz der Telekom und T-ISDN ist der ISDN-Dienst der Telekom, der über das T-Net zur Verfügung gestellt wird. Der Begriff T-Net wird häufig auch im Zusammenhang mit einem herkömmlichen (analogen) Telefonanschluss verwendet. Mit T-Net-Anschluss ist also ein analoger Telefonanschluss der Telekom gemeint.

3.2 Struktur des Telefonnetzes

Wie sich die Technik um uns herum verändert sieht man zum Beispiel daran, über welches Medium man heute telefoniert und über welches Medium Fernsehsignale übertragen werden. Vor ein paar Jahrzehnten wurden Fernsehsignale fast ausschließlich per Funk übertragen. Heute gibt es Kabelfernsehen. Beim Telefonieren ist es gerade umgekehrt. Vor ein paar Jahrzehnten wurde fast ausschließlich über Leitungen telefoniert, heute funktioniert es per Funk. Der Mobilfunk wird aber den »normalen« Telefonanschluss nicht vollständig ersetzen.

Seit Handys zur Selbstverständlichkeit geworden sind, hat sich für das Telefonnetz ein neuer Name eingebürgert, es heißt seither Festnetz. Früher bestand das Festnetz nur aus Kupferleitungen, heute sind zwischen den Städten (und teilweise auch in den Städten) Lichtwellenleiter verlegt. Nur die so genannte letzte Meile, also die Strecke zwischen der Vermittlungsstelle (früher sagte man dazu Amt) und dem Telefonkunden ist in den meisten Fällen noch mit Kupferleitungen realisiert. Diese letzte Meile ist in der Regel nicht länger als 5 km. (Mit dem Wort »Meile« ist also nicht wirklich die angelsächsische Maßeinheit gemeint.) Über eine Strecke von ca. 4 km kann das digitale ISDN-Signal noch gut übertragen werden (siehe Abbildung 2.8). Für ein ISDN-Signal darf die letzte Meile auch noch ein wenig länger sein (ca. 8 km), nicht jedoch für ein DSL-Signal. Ein DSL-Anschluss kann nur dann zur Verfügung gestellt werden, wenn die nächste Vermittlungsstelle nicht weiter als 5 km entfernt ist. Mehr dazu erfahren Sie in Teil IV dieses Buches.

Für die letzte Meile gibt es weltweit eine Zweidraht-Infrastruktur. Von der Vermittlungsstelle aus sind sternförmig je zwei verdrehte Drähte (im Fachjargon heißen sie Adern) zu allen nahe liegenden Telefonkunden verlegt. Eigentlich wird ein Kabel mit mehr als zwei Adern verlegt, um für weitere Telefon- oder Faxanschlüsse eines Kunden gerüstet zu sein. Für einen »normalen« Telefonanschluss (analog oder ISDN) werden jedoch nur zwei Adern (man nennt dies auch eine Doppelader) benötigt.

3.3 Vermittlungstechniken und Wahlverfahren

Ich werde in diesem Abschnitt zwei Verfahren zum Aufbau einer Telefonverbindung erläutern. Keines der beiden Verfahren wird beim Aufbau einer ISDN-Verbindung verwendet. Trotzdem ist es nötig, über diese Methoden der herkömmlichen Telefontechnik Bescheid zu wissen. Dies ist vor allem dann wichtig, wenn man eine ISDN-Telefonanlage betreiben will, um analoge Geräte wie bereits vorhandene Telefone, Faxgeräte oder Modems am ISDN-Anschluss zu nutzen.

Unter der *Vermittlungstechnik* versteht man die Technik, mit der eine Telefonverbindung aufgebaut wird. Früher geschah dies von Hand durch die »Fräulein vom Amt«. Mit der Einführung der schon erwähnten Drehwähler (1915 in USA patentiert) wurde das Verfahren automatisiert. Die Drehwähler werden mit elektrischen Impulsen angesteuert. Daher stammt auch der Name Impulswahlverfahren.

3.3.1 Impulswahlverfahren (IWW)

Beim Wählen mit der Wählscheibe eines Telefons werden elektrische Impulse erzeugt (siehe Abbildung 3.1). Beim Zurückdrehen der Scheibe wird ein Schalter immer auf- und zugemacht, und zwar so oft, dass es dem Wert der Ziffer entspricht, die man gewählt hat. Beim Wählen der Ziffer 5 wird der Schalter fünfmal geschlossen und wieder geöffnet, es werden also fünf Impulse erzeugt. Bei Telefonen mit Tasten werden diese Impulse elektronisch erzeugt.

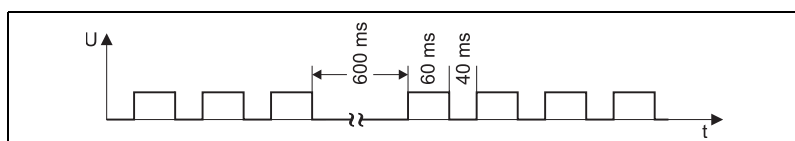


Abbildung 3.1:
Impulse beim Wählen

Die Kontakte sind beim Wählen ca. 40 ms geschlossen, dann 60 ms geöffnet, bis sie sich für den nächsten Impuls für weitere 40 ms wieder schließen. Zwischen den Ziffern muss (z.B. bei einer elektronischen Wahlwiederholung) ca. 600 ms gewartet werden. Der Wählvorgang nimmt, je nach Länge der Nummer, dann entsprechend einige Sekunden in Anspruch.

Bei analogen Vermittlungsstellen diente jeder Impuls dazu, einen Drehwähler einen Schritt weiter drehen zu lassen. Beim Drehen des Drehwählers wurden Kontakte mitgeführt, die bei jedem Schaltschritt auf einer anderen Leitung endeten. Diese Leitungen waren die Telefonleitungen, die zu den einzelnen Teilnehmern führten. Auf diese Weise wurde also der gewünschte Teilnehmer selektiert.

Das Verfahren, mit elektrischen Impulsen eine Telefonverbindung aufzubauen, heißt *Impulswahlverfahren (IWW)* oder auch Pulswahl. Obwohl es seit 1997 in Deutschland keine Vermittlungsstellen mit Drehwählern mehr gibt, wird uns das Impulswahlverfahren für die

nächsten Jahre noch flächendeckend erhalten bleiben. Somit wird gewährleistet, dass ältere Apparate weiterhin am Telefonnetz betrieben werden können.

3.3.2 Mehrfrequenzwahlverfahren (MFV)

Drehwähler hatten einen entscheidenden Nachteil: Sie funktionierten mechanisch. Dies bedeutete, dass sie gewartet werden mussten, weil es eine gewisse Abnutzung (von Lagern und Kontakten) gab. Aus diesen Gründen wurde nach und nach die Vermittlungstechnik mit Drehwählern durch eine Technik mit Transistoren und Mikroprozessoren ersetzt.

Für die Drehwähler war die Pulswahl ein geeignetes Verfahren. Die Geschwindigkeit der Impulsfolge war auf die Reaktionszeit der Drehwähler abgestimmt. Transistoren können aber viel schneller schalten als diese mechanischen Drehwähler. Ein neues Verfahren zur Ansteuerung der Transistoren wurde eingeführt, das so genannte *Mehrfrequenzwahlverfahren* (MFV), auch Tonwahl genannt. Bei dieser Methode wird die Technik in den Vermittlungsstellen mit Tönen verschiedener Frequenz angesteuert. Dabei wird beim Wählen der 0 ein anderer Ton erzeugt, als beim Wählen der 5, d.h. für jede Ziffer ein anderer Ton. Eigentlich sind es für jede Ziffer zwei Töne, die überlagert sind. Dies erklärt auch die englische Bezeichnung für das Mehrfrequenzwahlverfahren: *Dual Tone Multifrequency* (DTMF). Das MFV arbeitet nicht nur schneller als das Impulswahlverfahren, es eröffnet auch viele neue Möglichkeiten, z.B. die Fernabfrage von Anrufbeantwortern und vieles mehr.

Das Mehrfrequenzwahlverfahren funktioniert nur bei »neueren« Tastentelefonen. Nur die Tatsache, dass ein Telefon Tasten hat und keine Wählscheibe ist jedoch noch kein Beweis dafür, dass das Telefon auch Tonwahl unterstützt. Bei älteren Tastentelefonen werden mit dem Tastenfeld lediglich Impulse erzeugt. Telefone aus den 90er Jahren unterstützen in der Regel sowohl das Impulswahlverfahren als auch das Mehrfrequenzwahlverfahren. Bei immer mehr Telefonen aus unserem Jahrtausend wird das Impulswahlverfahren bereits nicht mehr implementiert.

Bei Telefonen, die beide Wahlverfahren unterstützen, sollte aus der Bedienungsanleitung hervorgehen, wie man das Wahlverfahrens einstellen kann. Welches Verfahren bei einem Telefon eingestellt ist, erkennt man leicht, weil man die Töne (und auch die Impulse) hören kann.

Es ist völlig gleichgültig, wer oder was die Töne für diese Tonwahl erzeugt. Theoretisch könnte man auch die Töne bei einem Wählvorgang mit einem Kassettenrecorder aufnehmen und beim Abspielen des Bandes den Lautsprecher des Kassettenrecorders an den Telefonhörer halten. Auf diese Weise ließe sich eine Wahlwiederholung realisieren. Eine etwas weniger aufwändige Methode extern zu wählen, ist die Eingabe der Nummer mit einem MFV-Signalgeber, früher besser bekannt als Gerät zur Fernabfrage eines Anrufbeantworters. Diese Geräte zur Fernabfrage, manchmal werden sie auch MFV-Wahlgeber genannt, machen auch nichts anderes, als die Töne des Mehrfrequenzwahlverfahrens zu erzeugen. Früher (zu Zeiten des Impulswahlverfahrens) lag beim Kauf eines Anrufbeantworters ein solcher MFV-Signalgeber zur Fernabfrage des Geräts bei. Heute wird in der Regel darauf

verzichtet, weil man einen Anrufbeantworter, der für die Fernabfrage vorgesehen ist, mit *jedem* MFV-Signalgeber und mit *jedem* Tonwahltelefon fernbedienen kann.

Mit einem MFV-Signalgeber kann man im Übrigen auch mit dem ältesten Telefon über Tonwahl eine Telefonverbindung aufbauen. Man wählt einfach auf dem Signalgeber statt mit der Wählscheibe (siehe Abbildung 3.2).



Abbildung 3.2:
Der MFV-Signalgeber macht Töne

MFV-Signalgeber gibt es auch mit der Funktion der Nummernspeicherung. Ein solches Gerät ist die Alternative zu einem kleinen Notizbuch für Telefonnummern. Statt unterwegs an der Telefonzelle das Notizbuch auszupacken und die Nummer in den Apparat einzugeben, hält man einfach den Wahlgeber an den Hörer und drückt eine Taste zum Ausgeben einer gespeicherten Tonfolge. MFV-Signalgeber mit zehn Nummernspeichern habe ich schon für weniger als 10 € gesehen, Wahlgeber ohne Nummernspeicher gibt es bereits für ca. 5 €.

Die Einführung des Mehrfrequenzwahlverfahrens war der Übergang von der analogen zur digitalen Vermittlungstechnik. Ich möchte hier darauf hinweisen, dass beim »normalen« Telefonanschluss, im Gegensatz zu ISDN, lediglich die Vermittlungstechnik digital arbeitet. Die Übertragungstechnik von der Vermittlungsstelle zum Teilnehmer und die Endgeräte (Telefon, Fax usw.) funktionieren weiterhin analog.

Bei ISDN wurde nicht nur die Vermittlungstechnik digitalisiert, sondern auch die Übertragungstechnik von der Vermittlungsstelle zum Teilnehmer. Auch die Endgeräte arbeiten bei ISDN digital und Impulswahl oder Tonwahl hat es bei ISDN, wie schon erwähnt, noch nie gegeben.

Eine digitale Vermittlungsstelle arbeitet also statt mit Drehwählern mit Transistoren. Die Koordination der Vermittlungen wird von Computern übernommen. Dadurch kann nun auch die Erfassung der Verbindungskosten, die Vergabe einer neuen Nummer usw. am

Bildschirm durchgeführt werden. Bei der Vergabe einer neuen Nummer musste der Mitarbeiter in der Vermittlungsstelle früher den LötKolben heiß machen. Heute setzt er sich an einen Rechner und gibt die neue Nummer über die Tastatur ein.

Die digitalen Vermittlungsstellen bieten aber auch dem Teilnehmer mehr Leistung und Komfort. So können Teilnehmer mit einem herkömmlichen Anschluss, die bereits an eine digitale Vermittlungsstelle angeschlossen sind, Dienste nutzen wie Rückfrage/Makeln, Anklopfen und Dreierkonferenz. Weiterhin kann eine detaillierte Rechnung erstellt werden, d.h., Sie bekommen mit der Telefonrechnung eine Einzelverbindungsübersicht, bei der jedes abgehende Gespräch mit Datum, Uhrzeit, Dauer, Telefonnummer, Zielortsnetz, Tarifart, Anzahl der Tarifeinheiten und Verbindungskosten aufgelistet wird. Solche Leistungen sind bei ISDN Standard, können aber auch mit einem analogen Anschluss genutzt werden.

Abschließend sei zum Thema Mehrfrequenzwahlverfahren angemerkt: Jede Tastatur an Telefonen, Faxgeräten, Wahlgebern usw. hat nicht zehn, sondern zwölf Tasten. Zu den zehn Ziffern kommt noch eine Taste mit einem Stern und eine Taste mit einer Raute. Es haben sich hier die Bezeichnungen Stern-Taste und Raute-Taste durchgesetzt. Beim Drücken einer dieser Tasten werden ebenfalls Töne erzeugt, die jedoch für spezielle Zwecke verwendet werden, z.B. zur Nutzung der Leistungsmerkmale wie Rufumleitung, Rückruf bei Besetzt usw. (mehr dazu in Kapitel 15). Bei Impulswahl haben die Stern- und die Raute-Taste keine Bedeutung.

3.4 Technische Details des Telefonnetzes

3.4.1 Aufbau einer Telefonverbindung

Telefonieren ist etwas Alltägliches. Hier muss man doch nichts beachten, werden die meisten sagen. Wenn es dann zu einer Falschwahl kommt, wenn man sich also mit der Floskel entschuldigt »Oh Verzeihung, da habe ich mich verwählt«, kommt niemand auf die Idee, dass dies die Folge eines Bedienungsfehlers sein könnte. Was ich immer wieder beobachte ist, dass der Hörer abgehoben und sofort gewählt wird, ohne den Wählton (Freiton) abzuwarten. Warum heißt denn der Wählton eigentlich Wählton? Er soll dem Teilnehmer signalisieren, dass die Vermittlungsstelle nun bereit ist, auf eine Eingabe von Ziffern zu reagieren. In den meisten Fällen erhält man den Wählton sehr schnell. Wenn man aber wählt, bevor man einen Wählton erhält, kann es zur Falschwahl kommen, die man in diesem Fall selbst verschuldet hat.

Ich will hier in ein paar Punkten einmal auflisten, welche Funktionen beim Aufbau einer normalen Telefonverbindung von den Vermittlungsstellen ausgeführt werden. Dadurch gewinnt man ein besseres Verständnis dafür, warum man z.B. erst wählen kann, wenn man den Wählton erhält.

- Voraussetzung: Anrufer und derjenige, der angerufen werden soll, telefonieren zurzeit nicht, d.h. die Hörer sind bei beiden aufgelegt.
- Der Anrufer hebt den Hörer ab. Die Vermittlungsstelle erkennt dies, schaltet ihn auf und sendet den Wählton. (Dies hat bei Drehwählern gelegentlich zwei Sekunden gedau-

ert, heute dauert es ein paar Millisekunden.) Erst dann ist die Vermittlungsstelle bereit, ankommende Signale zum Aufbau einer Verbindung (Töne oder Impulse) aufzunehmen.

- Der Anrufer beginnt zu wählen. Die Vermittlungsstelle stoppt den Wählton und speichert die gewählte Ziffer.
- Der Anrufer wählt weiter. Die Vermittlungsstelle speichert die eingehenden Ziffern und beginnt damit, eine Verbindung zum anderen Teilnehmer aufzubauen.
- Wenn die Nummer vollständig eingegeben ist, werden keine weiteren Ziffern mehr ausgewertet. (Wenn es in irgendeinem Ortsnetz die Telefonnummer 7380 gibt, kann es die Nummer 73805 nicht geben. Nach der Null ist man ja schon bei einem Teilnehmer, was soll denn da noch kommen? Die Möglichkeit von Durchwahlnummern sei hier ausgeschlossen.)
- Falls eine Strecke zum angerufenen Teilnehmer frei ist, wird der Rufton auf die Leitung geschaltet. Der Anrufer hört den Rufton, das Telefon des Angerufenen klingelt aufgrund des Rufstroms.
- Der Angerufene hebt den Hörer ab. Der Rufton wird abgeschaltet und die Teilnehmer werden verbunden.
- Die Verbindung besteht, bis einer der Teilnehmer auflegt. Wenn der Anrufer auflegt, wird die Verbindung sofort unterbrochen, wenn der Angerufene auflegt erst nach einer kurzen Verzögerungszeit. Diese Verzögerungszeit kann von Vorteil sein, wenn einem der Hörer beim Abheben nochmals auf die Gabel fällt. Es wäre ärgerlich, wenn dadurch die Verbindung unterbrochen wird und der Anrufer eine Einheit aufgebrummt bekommt. Durch die Verzögerungszeit wird die Verbindung weiterhin für kurze Zeit gehalten. Der Angerufene greift erneut zum Hörer, meldet sich und wundert sich in aller Regel nicht, dass die Verbindung nicht unterbrochen wurde.

3.4.2 Wann ist eine Leitung besetzt?

Der Besetztton wird von vielen nur auf eine Art interpretiert: Derjenige oder diejenige, den/ die man anrufen will, hängt schon wieder an der Strippe. Das muss nicht so sein, nur weil die Leitung besetzt ist. Es gibt mindestens vier Gründe, warum eine Verbindung zu einem Teilnehmer nicht hergestellt werden kann und man einen Besetztton bekommt.

Das Telefonnetz ist nicht dafür ausgelegt, dass alle Teilnehmer gleichzeitig telefonieren können. Dies wäre auch eine unnötige Verschwendung von Leitungen, weil nie alle Teilnehmer zur gleichen Zeit telefonieren. Natürlich ist das Netz in einem Gebiet, in dem viel telefoniert wird (z.B. in einem Bankenviertel), anders ausgelegt als in einem reinen Wohngebiet.

Wir gehen einmal davon aus, dass in einem Wohngebiet 25 von 100 Teilnehmern gleichzeitig telefonieren können. Nehmen wir weiterhin an, die 100 Teilnehmer hätten die Rufnummern 7300 bis 7399. Sobald nun ein Teilnehmer den Hörer abhebt, wird er aufs Amt geschaltet. (So reden die Leute in den Vermittlungsstellen nun mal.) Erst wenn dies pas-

siert ist, bekommt der Teilnehmer den Wählton. Sobald der 26. Teilnehmer aus dieser 73er-Gruppe den Hörer abhebt, bekommt dieser keinen Wählton mehr, sondern den Besetztton. Den wenigsten dürfte dies schon einmal passiert sein. Es ist jedoch möglich, dass man beim Abheben des Hörers gleich den Besetztton erhält und nicht telefonieren kann.

Auch zwischen den Vermittlungsstellen gibt es nicht unendlich viele Leitungen. Zwar können über das Transatlantik-Telefonkabel TAT-14 ca. 15 Millionen Gespräche gleichzeitig übertragen werden, aber unendlich viele Telefongespräche zwischen Europa und USA sind nicht möglich. Dies ist nun schon der zweite Fall, bei dem man einen Besetztton bekommt, auch wenn der Teilnehmer, den man angewählt hat, nicht telefoniert.

Der dritte Fall, in dem man einen Besetztton bekommt, ist der, dass bei einem Teilnehmer gerade auch jemand anderes anruft. Mit anderen Worten, bei dem gewünschten Teilnehmer klingelt gerade das Telefon. In dem Fall ist der Anschluss eines analogen Teilnehmers (bei ISDN ist dies nicht so) besetzt, obwohl dieser vielleicht gar nicht zu Hause ist. Kurze Zeit später ruft man erneut an, der Anschluss ist jetzt frei, aber es hebt eventuell niemand ab. Zu denken: »Der oder die hat doch gerade noch telefoniert«, kann ein Trugschluss sein.

Meistens haben Sie aber Recht, wenn Sie sagen: »Der oder die hängt ja schon wieder an der Strippe.« Dieser vierte Fall ist wohl der häufigste, bei dem man einen Besetztton bekommt, zumindest bei einem herkömmlichen Telefonanschluss. Wenn ein ISDN-Teilnehmer telefoniert, bekommt ein Anrufer keinen Besetztton, sondern den Ruftton. Dem ISDN-Teilnehmer wird der ankommende Ruf während des Gesprächs optisch und/oder akustisch signalisiert.

3.4.3 Bandbreite des Telefonnetzes

Bei all den Möglichkeiten, die das Telefonnetz heute bietet, rufen wir uns einmal ins Gedächtnis, was der ursprüngliche Verwendungszweck des Telefonnetzes war. Über die Leitungen sollte menschliche Sprache übertragen werden. Genau für diesen Zweck wurde das Telefonnetz vor ein paar Jahrzehnten ausgelegt und auch dimensioniert. Alle Verstärker und Leitungen wurden so gewählt, dass menschliche Sprache gut verständlich übertragen werden kann, ohne dabei unnötig teure Verstärker einzusetzen und zu viel Rauschen auf den Leitungen zu haben.

Zur Auslegung der Verstärker und Leitungen im Telefonnetz wurde eine Analyse der Sprache bezüglich der Verständlichkeit durchgeführt. Dabei hat man festgestellt, dass für eine gute Verständlichkeit alle Frequenzen zwischen 300 Hz¹ und 3400 Hz übertragen werden müssen. Nach diesen Werten wurde das Telefonnetz aufgebaut und so ist es auch heute noch ausgelegt. Man sagt, der Übertragungskanal (Sprechkanal) des Telefonnetzes hat eine Bandbreite von 3100 Hz, also die Differenz aus 3400 Hz und 300 Hz.

Das Frequenzspektrum der menschlichen Sprache enthält auch Frequenzen außerhalb dieser Bandbreite mit der unteren Grenze von 300 Hz und der oberen Grenze von 3400 Hz. Deshalb klingt die Sprache über das Telefon immer etwas dumpf. Einen direkten Vergleich

1. Hz, Abkürzung von Hertz; Einheit für Schwingungen pro Sekunde, benannt nach dem deutschen Physiker Heinrich Rudolf Hertz (1857–1894).

hat man, wenn man Radio hört. (UKW-Radio hat eine Bandbreite von ca. 15.000 Hz.) Wenn sich der Moderator mit jemandem am Telefon unterhält, klingt die Stimme des Telefonteilnehmers dumpfer als die des Radiosprechers. Die Qualität der Übertragung über das Telefon ist also schlechter als beim Radio. Worauf es beim Telefon jedoch ankommt, ist die Verständlichkeit und keine Hi-Fi-Qualität. Zur reinen Verständlichkeit ist eine Bandbreite von 3100 Hz ausreichend.

Durch die Bandbreite eines Übertragungskanals wird die Übertragungsgeschwindigkeit z.B. bei der Datenfernübertragung oder beim Faxen begrenzt. Wenn das Telefonnetz mehr Bandbreite hätte, wenn also z.B. alle Frequenzen zwischen 300 Hz und 7000 Hz übertragen werden würden, könnte man auch mit höherer Geschwindigkeit Daten über das Netz übertragen. Eine Faxseite bräuchte für die Übertragung dann nur die Hälfte der Zeit. An Datenfernübertragung hat damals allerdings noch niemand gedacht. Bei der Entwicklung von ISDN wurde die Datenfernübertragung sehr wohl berücksichtigt. Mehr dazu erfahren Sie in Teil II des Buches.