

## Wie kommt die Verbindung zu Stande?

War die Anzahl der Telefonanschlüsse am Beginn des 20. Jahrhunderts noch sehr begrenzt, so reichte zunächst eine manuelle Vermittlung der Gespräche aus. Über eine kleine Kurbel wurde dem »Fräulein vom Amt« ein Gesprächswunsch signalisiert. Die gewünschte Rufnummer wurde zunächst verbal geäußert. Durch das Stöpseln von Kabeln stellte die Telefonistin dann eine direkte Verbindung zwischen den Gesprächspartnern her. Prinzipiell war damit der Kreis der Gesprächsteilnehmer auf die von diesem Anschlusschrank bedienten *Teilnehmer* – die fachsprachlich verwendete Bezeichnung für Nutzer eines Kommunikationsdienstes – begrenzt. Erst nach und nach wuchsen die einzelnen Ortsnetze zu einem landesweiten Fernsprechnet und schließlich einem länderübergreifenden Interkontinentalnetz zusammen.

Einhergehend mit der rasanten Zunahme der Teilnehmeranschlüsse wurden bereits 1908, keine 30 Jahre nach dem Aufbau erster Fernsprechnetze im Deutschen Reich, auch erste automatische Vermittlungen in Betrieb genommen. Zu diesem Zeitpunkt existierten im Ortsnetz von Berlin bei rund zwei Millionen Einwohnern bereits 100.000 Anschlüsse! Dennoch wurde erst knapp 80 Jahre später die letzte Handvermittlung in Deutschland außer Betrieb genommen.

Damit ein Selbstwählbetrieb zu Stande kommen konnte, war zunächst eine wichtige Vorraussetzung zu erfüllen: Die Telefone mussten mit einer Wähleinrichtung, zunächst einer Wählscheibe, später meist mit einem Tastenwahlblock, ausgerüstet werden! Doch wie kommt die Verbindung zwischen den Gesprächspartnern zu Stande?

Am anschaulichsten kann dies mit dem über Jahrzehnte gebräuchlichen Impulswahlverfahren (IWW) beschrieben werden. Durch das Abheben des Hörers von der Gabel wird zunächst eine Verbindung zur Vermittlungsstelle aufgebaut – erkennbar daran, dass das Freizeichen ertönt. Nun kann mit der Nummernscheibe eine Ziffer vorgewählt werden. Beim selbsttätigen Zurückdrehen der Wählscheibe wird dann eine der gewählten Ziffer entsprechende Anzahl von Impulsen zur Vermittlungsstelle (bei der Ziffer 0 sind es 10 Impulse) übertragen. Kurze Pausen zwischen den einzelnen Impulsfolgen signalisieren der Vermittlungsstelle den Beginn einer neuen Zif-

fer. Diese Wählimpulse steuern in der Vermittlungsstelle die automatischen Wähler (Schrittschaltwähler) an.

Beginnt die Impulsfolge mit der Ziffer 0 (Terminus technicus: *Verkehrsausscheidungsziffer*), handelt es sich um eine Vorwahl für ein Ortsnetz oder – bei zwei führenden Nullen – die Vorwahl für ein ausländisches Netz. Über die Vorwahlziffern werden in hierarchischer Folge das Landesnetz und anschließend die Ortsnetzvorwahl vorgenommen. Die Einleitung der Vorwahl entspricht in den meisten Ländern diesem Muster. Eine Ausnahme von dieser Regel stellen die USA dar: ein Ferngespräch aus den USA ins Ausland wird mit der Ziffernfolge 011 eingeleitet. Für ein Gespräch aus den USA nach Deutschland muss daher nicht mit der Ziffernfolge 0049, sondern mit 01149 begonnen werden.

**Tabelle 1** Wichtige Ländervorwahlen (aus Deutschland).

Land	Vorwahl
Deutschland	0049
Österreich	0043
Schweiz	0041
Italien	0039
Frankreich	0033
USA	001

Ist die erste gewählte Ziffer *keine* Null, so handelt es sich per Definition um eine Rufnummer im selben Ortsnetz. In einigen Ländern, darunter Frankreich, Italien und die Schweiz, ist abgesehen von Sonderrufnummern wie beispielsweise für Notrufzwecke generell – also auch bei Gesprächen im selben Ortsnetz – die Ortsnetzvorwahl zu benutzen.

Das inländische Verbindungsnetz stellt die hierarchisch gegliederte Struktur zwischen den Ortsnetzen her. Innerhalb der Ortsnetzvorwahl findet sich diese Hierarchie von Vermittlungsstellen wieder.

Entsprechend dem Stand der Technik zum Zeitpunkt der Einführung waren zunächst alle Komponenten im Telefon wie auch in der Vermittlungsstelle mit elektromechanischen Bauteilen oder einfachen elektronischen Schaltungen realisiert. Ab den 1970er Jahren kamen in Deutschland Tastentelefone auf, die das schnellere Mehrfrequenzwahlverfahren (MFV) unterstützten. Anstelle einer Folge von Impulsen treten hier Signale unterschiedlicher Tonhöhe, die jeweils

**Tabelle 2** Hierarchie der Ortsnetzvorwahl in der Gasse 05xx.

Geografischer Bereich	Ebene	Vorwahl
Niedersachsen	1	05
Nienburg, Wunstorf	2	050
Nienburg	3	0502
Nienburg (Stadt)	4	05021
Hannover, Hildesheim	2	051
Hannover (Stadt)	3	0511
Hildesheim (Stadt)	4	05121
Bielefeld	2	052
Bielefeld (Stadt)	3	0521
Braunschweig	2	053
Braunschweig (Stadt)	3	0531
Osnabrück	2	054
Göttingen	2	055
Göttingen (Stadt)	3	0551
Herzberg	3	0552
Holz Minden	3	0553
Hannoversch Münden	3	0554
Northeim	3	0555
Northeim (Stadt)	4	05551
Einbeck	3	0556
Uslar	3	0557
Hochharz	3	0558
Süd-niedersachsen	3	0559
Kassel	2	056
Minden	2	057
Uelzen	2	058
Lingen/Ems	2	059

Exemplarische Auswahl, unvollständig

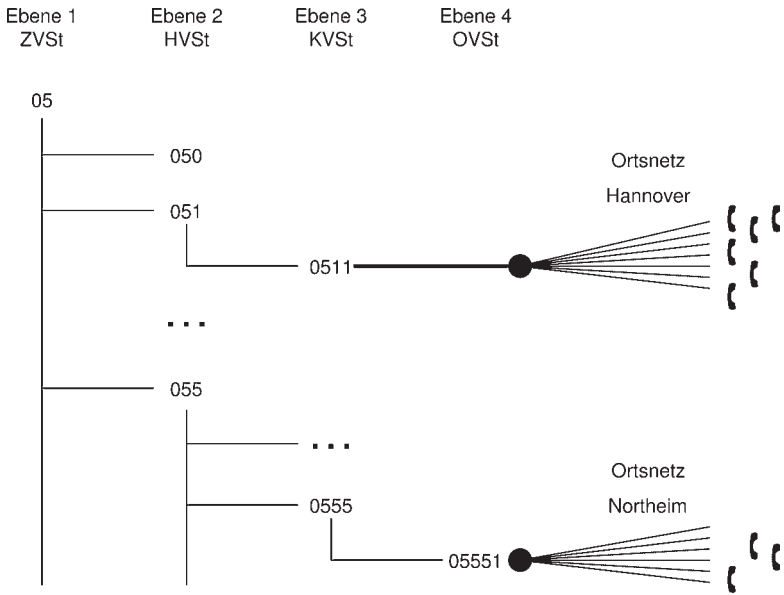
Ebene 1 Zentralvermittlungsstelle (ZVSt)

Ebene 2 Hauptvermittlungsstelle (HVSt)

Ebene 3 Knotenvermittlungsstelle (KVSt)

Ebene 4 Ortsvermittlungsstelle (OVSt)

durch eine Taste auf dem Tastenwahlblock des Telefons repräsentiert werden. Durch die breite Verfügbarkeit kostengünstiger elektronischer Schaltkreise, vor allem deren Vorteile für den Betrieb wie kleinere Abmessungen, geringerer Energiebedarf und vor allem die Wartungsfreiheit, wurden die Vermittlungsstellen nach und nach von den elektromechanischen Schrittschaltwerken auf Digitalelektronik umgestellt. Die eigentliche technische Revolution blieb den meisten Telefonbenutzern dabei verborgen. Mit der Einführung der digitalen



**Bild 16** Hierarchie der Vermittlungsstellen.

ISDN-Vermittlungstechnik in den 1980er Jahren wurde nun nicht mehr eine physische Verbindung zwischen den beiden Gesprächspartnern hergestellt, sondern eine Leitung kann für mehrere Gespräche gleichzeitig genutzt werden. Wie das funktioniert? – Der folgende Abschnitt gibt Auskunft.

Mit der Privatisierung der Telekom-Märkte etablierten sich ab 1999 auch in Deutschland private Netzbetreiber. Bis auf wenige Ausnahmen handelt es sich dabei um Verbindungsnetz-Betreiber, da sie nur in wenigen Fällen den Teilnehmern einen direkten Zugang im Ortsnetz bieten können; die »letzte Meile« wird im Wesentlichen von der Deutschen Telekom betrieben. Über spezielle Vorwahlnummern (010## und 0100##) vor der eigentlichen Länder- oder Ortsnetzwahl kann dennoch jedes einzelne Gespräch über ein beliebiges Verbindungsnetz der verschiedenen Betreiber geleitet werden (*Call-by-Call*). *Least Cost Router* wählen anhand von hinterlegten Tarifstabellen sogar automatisch das für die jeweilige Vorwahl zur aktuellen Tageszeit günstigste Netz aus. Sie sind häufig Bestandteil von Telefonanlagen – auch von einfacheren Modellen für den privaten Bedarf. Allerdings sei darauf hingewiesen, dass nur bei regelmäßiger Pflege der

Tariftabellen die erwarteten Einsparungen auch tatsächlich realisiert werden können: Auf Grund der Wettbewerbssituation variieren die Netzbetreiber in kurzen Intervallen ihre jeweiligen Angebote. Über das Dienstmerkmal *Preselection* kann der Verbindungsaufbau mit einem vom Ortsnetzbetreiber abweichenden Netzbetreiber auch fest voreingestellt werden. Die zusätzliche Vorwahlnummer entfällt dann für das betreffende Netz.

## DECT, GAP und ISDN

Spätestens beim Blick in die Auslagen von Telefongeschäften oder Kaufhäusern für technische Artikel wird dem Betrachter schnell klar: Telefon ist nicht gleich Telefon. Neben dem konventionellen – analogen – Telefon zum direkten Anschluss an die Telefonsteckdose sind es vor allem schnurlose Modelle. Daneben finden sich, insbesondere für professionelle Zwecke in Büros und Firmen ISDN-Geräte mit einer großen Anzahl zusätzlicher Funktionen. Und dann sind da noch reihenweise Mobiltelefone (*Handy*), bei denen zahllose Zusatzfunktionen schon beinahe vergessen lassen, dass es sich hierbei um Geräte zum Telefonieren handelt. Aber immer der Reihe nach.

Herkömmliche Telefone besitzen eine selten als elegant empfundene Kabelverbindung zum häuslichen Telefonanschluss. Dieses Kabel ist nicht nur zur Übertragung der Gesprächsinformationen, sondern zu allererst einmal für die Energieversorgung des Telefons erforderlich! Dafür wird aus der Vermittlungsstelle eine Niederspannung (typisch: 12 V Gleichspannung) geliefert. Zur Signalisierung eines Anrufs wird der Versorgungsspannung ein 60 V Wechselspannungssignal überlagert – damit wurde in älteren Apparaten direkt die Klingel (fachsprachlich: *Wecker*) betrieben.

Bei mobilen Telefonen muss zwischen zwei Varianten unterschieden werden: Die eine Gruppe ist lediglich für den Einsatz in der näheren Umgebung der häuslichen Basisstation geeignet. Diese Basisstation stellt das Bindeglied zwischen dem drahtgebundenen Telefonnetz und einem Mobilteil her (DECT-Telefon, siehe weiter unten). Die Reichweite der Basisstation beträgt je nach Umgebung (freies Gelände oder innerhalb eines Hauses) einige 10 m bis maximal 300 m. Dem gegenüber stehen die »echten« Mobiltelefone, die über Funknetze mehr oder weniger weltweit genutzt werden können. Entspre-

chend dem technischen Standard ist hier auch von GSM-Telefonen die Rede; mehr dazu im Abschnitt *GSM und Co.* ab Seite 63.

Bleiben wir zunächst beim Telefon für das häusliche Umfeld. Für die Realisierung eines schnurlosen Telefons ist also nicht allein eine drahtlose Verbindung – in der Regel per Funk – zur Übertragung der Gesprächsinformationen erforderlich, sondern auch ein lokaler Energiespeicher in Form eines Akkumulators. Um Letzteren immer wieder aufladen zu können, aber auch für den Betrieb der Basisstation, ist eine zusätzliche Stromversorgung erforderlich (siehe auch *Netzgeräte – Strom für jeden Zweck*, ab Seite 29).

In den 1980er Jahren wurde für die Funkverbindung zunächst ein analoges Übertragungsverfahren gewählt. In der Basisstation werden die über das Telefonnetz empfangenen Gesprächsinformationen zur Modulation einer Radiowelle herangezogen – und im Mobilteil wieder zurückgewandelt. Dabei handelt es sich um dieselbe Technik im Kleinen, die auch für UKW-Radiosender und den Rundfunkempfang benutzt wird. Um eine Beeinträchtigung von Radio- oder Fernsehempfang auszuschließen, wurden Sendefrequenzen weit außerhalb der für die Rundfunkübertragung üblichen Bereiche festgelegt.

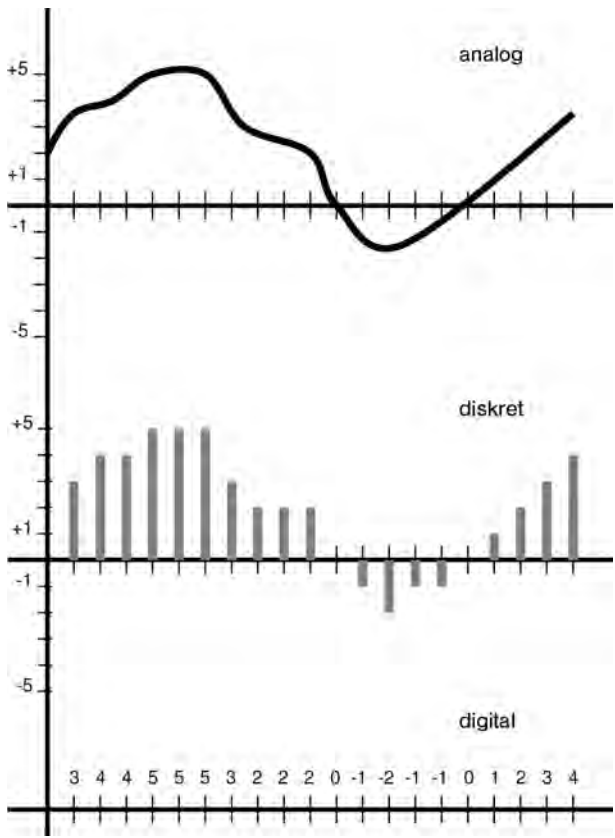
Der wesentliche Unterschied zwischen Rundfunk und Telefonie: Beim schnurlosen Telefon ist das Mobilteil gleichermaßen Empfänger wie auch Sender, denn es wird ja nicht nur dem Gesprächspartner zugehört, sondern es soll auch selber gesprochen werden können. Genauso wie die Worte des Gesprächspartners über die Basisstation per Funkverbindung zum Lautsprecher am Mobilteil gelangen, soll auch das eigene Sprachsignal aus dem Mikrofon seinen Weg über eine Funkverbindung zur Basisstation und von dort weiter über das Telefonnetz nehmen. Daraus folgt unmittelbar, dass auch die Basisstation über Sende- und Empfangsteile verfügen muss.

Die Funkübertragung ist jedoch nicht ganz unproblematisch: Anders als beim Rundfunk mit einer begrenzten Anzahl von Sendern innerhalb eines Gebietes kann es – trotz der begrenzten Reichweite der kleinen Sende- und Empfangsteile – auf Grund der begrenzten Anzahl von Funkkanälen zu einer Überlagerung kommen, beispielsweise wenn in mehreren Wohnungen eines Hauses derartige Geräte betrieben werden. Im ungünstigsten Fall klingelt dann das eigene Telefon, wenn der Nachbar gerade ein Gespräch empfängt oder es werden abgehende Gespräche über eine »fremde« Basisstation und somit auch auf Kosten der Nachbarn geführt. Sogar ein unbeabsichtigtes

Mithören von Gesprächen ist nicht ausgeschlossen. Bei Geräten der ersten Generation wurde zudem häufig die Übertragungsqualität bemängelt, die Sprachverständlichkeit war durch Verzerrungen und Rauschen beeinträchtigt. Anders als in Deutschland waren und sind schnurlose Telefone mit Analogübertragung insbesondere in den USA noch weit verbreitet.

Basierend auf den vorgenannten Erfahrungen wurde in Europa seit 1992 das DECT-Verfahren (*Digital Enhanced Cordless Telecommunications*, vormalig *Digital European Cordless Telephony*) eingeführt und hat sich zu einem nahezu weltweiten Standard für schnurlose Telefonie etabliert. Entsprechend dem Namen handelt es sich dabei nicht mehr um ein analoges, sondern um ein digitales Übertragungsverfahren. Das klingt sehr kompliziert, ist dank moderner elektronischer Komponenten jedoch recht einfach und ohne großen Aufwand zu bewerkstelligen. Der wesentliche Unterschied zur analogen Übertragung: das Signal wird nicht in seiner ursprünglichen Form – zusammen mit allen längs des Übertragungswegs eingestreuten Störungen – übermittelt, sondern als Folge von diskreten Werten. Im ersten Schritt wird es dazu in zahlreiche Einzelwerte zerlegt. Entsprechend dem jeweiligen Signalpegel werden einzelne Messwerte festgehalten. Schließlich wird anstelle des analogen Signals (obere Zeile im Bild 17) eine Kette von Zahlenwerten (untere Zeile im Bild 17) übermittelt. Diese ist gegen äußere Störungen vergleichsweise unempfindlich – erst Einstreuungen, deren Stärke in derselben Größenordnung wie der Signalpegel liegt, führen zu Beeinträchtigungen. Im Empfangsteil wird schließlich in einem spiegelbildlichen Prozess aus der Zahlenkette wieder ein entsprechendes Signal zurück gewonnen. Am Anfang der Übertragung steht also eine Analog-zu-Digital-Wandlung und am Ende eine Digital-zu-Analog-Wandlung.

Damit wird eine deutlich höhere Störsicherheit gewährleistet, denn erst starke Störsignale können zu Übertragungsfehlern bei der Übermittlung der Zahlenkette führen. Mindestens ebenso wichtig sind jedoch die Möglichkeiten, zusätzlich zum Nutzsignal weitere Steuerungssignale zu übertragen, bereits belegte Funkkanäle gegen Doppelbelegung abzusichern oder auch das zu übertragende Signal durch geeignete Maßnahmen vor dem unbeabsichtigten Mithören zu schützen (Codierung/Dekodierung). Letzteres kann durch mehr oder weniger einfache mathematische Operationen erfolgen. So ist eine einfache Verschlüsselung bereits durch die Multiplikation einer Zufallszahl



**Bild 17** Digitalisierung eines Analogsignals.

mit jedem Wert der Zahlenkette möglich. Eine entsprechende Zufallszahl lässt sich beispielsweise aus der Uhrzeit zum Zeitpunkt des Gesprächsbeginns generieren. Nun muss nur noch sichergestellt werden, dass Sender und Empfänger diese Zufallszahl kennen, damit die senderseitige Codierung durch den Empfänger wieder rückgängig gemacht werden kann (Dekodierung).

Als zusätzlicher Sicherheitsmechanismus dient beim DECT-Standard die automatische Anmeldung des Mobilteils an der Basisstation mit einem geheimen Code vor jedem Gesprächsaufbau.

Wie bei allen Sendeverfahren, die als Träger Funk nutzen, geht auch der Betrieb von DECT-Telefonen mit einer elektromagnetischen



Aktuelle Uhrzeit	16:45:12
Zufallszahl	$1+6+4+5+1+2 = 19$

**Bild 18** Beispiel für das Generieren einer Zufallszahl.

Belastung der Umgebung einher. Zwar ist die Sendeleistung – und damit auch die Reichweite – begrenzt, jedoch täuschen die im üblichen Messverfahren gewonnenen Werte über die realen Verhältnisse ein wenig hinweg. Auf Grund des für DECT festgelegten Sendeverfahrens zwischen Basis und Mobilteil senden beide Geräte jeweils für kurze Zeitintervalle mit hoher Leistung – über einen gewissen Zeitraum betrachtet, kommt so ein deutlich geringerer Mittelwert zu Stande. Dies täuscht über die hohe Spitzenbelastung mit Elektromog hinweg. Problematisch erscheint dabei, dass auch im Stand-by, also ohne aktives Gespräch, Mobilteil und Basisstation Informationen austauschen. Selbst wenn sich das Mobilteil zum Aufladen in der Basisstation befindet, werden weiterhin Daten gesendet. Vor diesem Hintergrund ist es empfehlenswert, Mobilteil und Ladeschale möglichst in 1–2 m Entfernung vom Kopfkissen, vom Fernsehsessel oder anderen beliebten Aufenthaltsorten zu platzieren.

Die von DECT-Telefonen ausgesandte elektromagnetische Strahlung kann noch an einer anderen Stelle zu unerwünschten Auswirkungen führen. In Haushalten mit Satelliten-Receiver für den Fernseh- und Radioempfang kann es bei einigen Sendern zu Bild- und Ton-Störungen kommen. Dies betrifft sowohl analoge wie auch digitale SAT-Receiver, da für die Verbindung zwischen Satellitenempfangsteil (LNB) und dem SAT-Receiver ähnliche Frequenzbereiche wie bei DECT genutzt werden. Hier helfen hochwertig abgeschirmte Antennenkabel für die Verbindung zwischen SAT-Receiver und dem Empfangsteil an der Satellitenschüssel und vor allem ein größerer Abstand zwischen den Komponenten der SAT-Anlage und des DECT-Telefons (Basisstation und Mobilteil). Genau wie zur Verringerung der elektromagnetischen Belastung des menschlichen Körpers hilft auch hier ein größerer Abstand, die Einstreuung auf ein deutlich geringes Niveau zu begrenzen.

Auch wenn die Hersteller schnurloser Telefone gerne jeden Kunden für sich alleine gewinnen, so wird durch den GAP-Standard (*Generic Access Profile*) ein allgemein-verbindliches und Hersteller-übergreifendes Übertragungsprotokoll definiert, das den Betrieb der Mo-

bilteile auch an Basisstationen anderer Hersteller erlaubt. Besondere Funktionen wie ein in der Basisstation integrierter Anrufbeantworter oder ein dort hinterlegtes Telefonbuch können jedoch in der Regel nur mit Mobilteilen desselben Herstellers genutzt werden.

Wie bereits weiter oben erwähnt, wurde seit Ende der 1980er Jahre mit der Digitalisierung der Vermittlungsstellen durch die seinerzeitige Deutsche Bundespost systematisch ein digitales Telefonsystem (ISDN, *Integrated Services Digital Network*) aufgebaut. Für die Telekommunikation bedeutete dies einen großen Schritt nach vorne, denn die bislang separaten Netze für Telefonie, Fernschreiber (Telex) und Datenübertragung (Datex-P, Datex-L) wurden nun durch eine einzige Infrastruktur zusammengefasst. Zunächst auf nationaler Ebene eingeführt, wurde der ursprüngliche Standard (rTR6, *nationales ISDN*) bereits wenig später durch ein europaweit gültiges Protokoll (DSS1, *Euro-ISDN*) ergänzt. Seit 1995 sind ISDN-Anschlüsse flächendeckend in Deutschland verfügbar. Inzwischen ist der nationale rTR6-Standard nicht mehr im Gebrauch und wurde vollständig durch die europaweit gültige Norm DSS1 ersetzt. Darüber hinaus existieren noch weitere, zum europäischen System nicht kompatible ISDN-Standards so beispielsweise in den USA.

Ein wesentlicher Unterschied zwischen konventioneller analoger Telefonie und ISDN besteht in der digitalen Datenübertragung. Dies betrifft nicht nur die Informationen für den Verbindungsaufbau, sondern vor allem auch die Gesprächsinformationen. Daraus resultiert eine höhere Verbindungsqualität, die nicht mehr von der Leitungslänge abhängig ist. In der Folge fällt die Sprachverständlichkeit deutlich besser aus. Profitieren können davon auch die Nutzer analoger Telefonanschlüsse – denn lediglich der Anschluss zur Vermittlungsstelle ist noch in Analogtechnik ausgeführt.

Teilnehmern mit ISDN-Anschlüssen erlaubt das System zudem eine einfachere Datenübertragung, bei der auf Komponenten wie ein Modem (siehe Abschnitt *Fax und Modem*, ab Seite 49) verzichtet werden kann. Im Gegenzug werden jedoch entsprechende ISDN-Telefone benötigt, die die digitalen Daten wieder in akustische Signale verwandeln können, oder es ist eine ISDN-fähige Telefonanlage erforderlich, die den Anschluss herkömmlicher analoger Telefone erlaubt.

Die digitale Datenübertragung erlaubt überdies eine bessere Ausnutzung der verlegten Drähte. Was im ersten Augenblick kaum nach-

vollziehbar erscheint: Wird bei der analogen Telefonie je Gesprächsverbindung ein Paar Kupferdrähte benötigt, sind beim ISDN-Anschluss *zwei* gleichzeitige und unabhängige Verbindungen an einem Anschluss – also über ein Adernpaar – möglich! So kann während eines Telefonats ein Fax versandt oder eine Datenübertragung zwischen Computern durchgeführt werden. Ebenso können über einen Anschluss von zwei Telefonapparaten unabhängig voneinander Gespräche mit verschiedenen Partnern geführt werden. Doch wie soll das funktionieren? – Stark vereinfacht ausgedrückt, braucht jedes Kind zunächst einmal einen Namen, nur so kann es individuell angesprochen werden – oder jedes Haus eine eindeutige Adresse, um beispielsweise die Post zustellen zu können. Genauso verhält es sich hier auch: jedes der Geräte an einem ISDN-Anschluss benötigt eine eigene Rufnummer. Entsprechend werden den gängigen ISDN-Basisanschlüssen je nach Wunsch des Kunden 3–10 Mehrfachrufnummern (*MSN, Multiple Subscriber Number*) zugewiesen. *Mehrfach* bedeutet hier, dass sich hinter einem physischen Anschluss mehrere Telefoniergeräte befinden können, die jeweils unter einer eigenen Rufnummer erreichbar sind.

Doch nun wird es langsam kompliziert: Woher kennt ein Telefon eigentlich die Rufnummer, unter der es erreichbar ist?

Je nach Art des Telefons hat die Inbetriebnahme ihre Tücken. Herkömmliche analoge Telefone sind in dieser Hinsicht eindeutig am bedienerfreundlichsten und müssen lediglich in die häusliche Telefonsteckdose gesteckt werden – damit sind sie unmittelbar betriebsbereit. Die Telefonnummer ist durch den physischen Anschluss an die Vermittlungsstelle im Sinne des Wortes »verdrahtet«: mit genau jener Rufnummer, die in der Vermittlungsstelle dem betreffenden Kabelabgang zugeordnet ist.

Bei schnurlosen Telefonen (DECT) kann eine einfache Inbetriebnahmeprozedur erforderlich sein, um eine erste Verbindung zwischen Mobilteil und Basisstation aufzubauen; dafür ist in vielen Fällen an der Basisstation ein entsprechender Knopf zu betätigen.

Anders als bei analogen Telefonen, wo die Rufnummer durch den Anschluss in der Vermittlungsstelle fest verdrahtet ist, muss Geräten an einem ISDN-Anschluss zunächst eine individuelle Rufnummer (*MSN*) zugeordnet werden – schließlich lassen sich bis zu acht verschiedene ISDN-Geräte an einem ISDN-Basisanschluss betreiben. Gleiches gilt für ISDN-Telefonanlagen: Hier werden herkömmliche

Telefone, Faxgeräte und Anrufbeantworter angeschlossen, die den vom Netzbetreiber erhaltenen MSN zuzuweisen sind. In beiden Fällen bedeutet dies eine mehr oder minder aufwendige Programmierung entsprechender Parameter.

Bereits kostengünstige Telefonanlagen, die kaum größer als dieses Buch sind, erlauben eine Vielzahl an Komfortfunktionen, wie die Rufweiterleitung beispielsweise an ein Mobiltelefon, den Anschluss einer Türsprechstelle oder eine tageszeitlich variable Rufverteilung. Vier bis acht Anschlüsse für Telefone, Faxgeräte etc. sind für kleinere Büros schon vollkommen ausreichend – und der Traum eines Teenagers für die ungestörte Plauderei mit Freunden aus der elterlichen Wohnung. Auch wenn die weit reichende Verbreitung von Mobiltelefonen hier überlebensnotwendigen Bedürfnissen mehr als nur entgegenkommt ...

Wie nicht anders zu erwarten, hat die Fülle an Funktionalität jedoch auch ihre Schattenseiten. Ähnlich wie bei Mobiltelefonen, bei denen das Telefonieren neben der Beschäftigung mit MP3-Player, Internet-Browser, Spielen und Terminkalender immer mehr zur Nebensache degradiert wird, bleibt zuweilen die Bedienbarkeit auf der Strecke. So hat bereits bei kleinen Telefonanlagen die Konfiguration einen hohen Grad an Komplexität erreicht – nur gut, dass in aller Regel über eine entsprechende Konfigurations-Software das Ganze am PC vorgenommen werden kann. Die kleinen Displays von ISDN-Telefonen sind hier weit weniger komfortabel – glücklicherweise ist die Anzahl der zu tätigen Einstellungen dafür in der Regel geringer.

Für den Anschluss von ISDN-Geräten ist noch eine weitere Besonderheit zu beachten. Am Übergabepunkt zwischen dem öffentlichen ISDN-Netz und der Installation innerhalb der Wohnung oder des Büros ist ein NTBA (*Network Termination for ISDN Basic Rate Access*, Netzterminator für den Basisanschluss) vorzusehen. Hier wird die externe Zweidraht-Leitung ( $U_{KO}$ , von/zur Vermittlungsstelle) auf den vieradrigen internen  $S_o$ -Bus umgesetzt. Zusätzlich besteht durch einen Anschluss an die Stromversorgung die Möglichkeit, Geräte am internen Bus mit Energie zu versorgen. Anders als analoge Telefone benötigen ISDN-Geräte prinzipiell eine eigene Stromversorgung; nur für einen Notfallbetrieb werden sie aus der Vermittlungsstelle mit Energie gespeist.

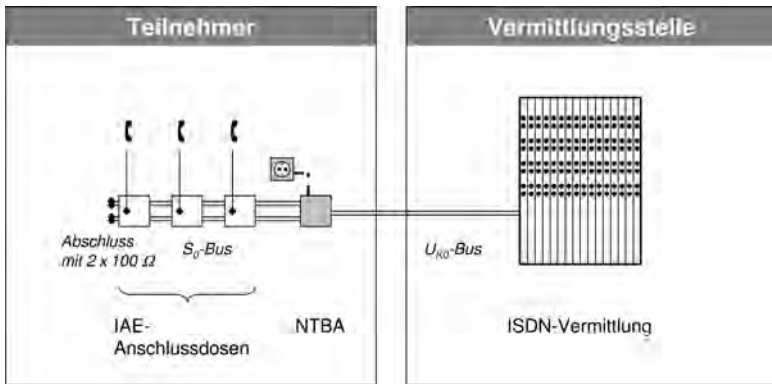


Bild 19 Anschlussschema für ISDN.

### Ich bin's – das ISDN-Telefon und die MSN

Anders als beim »normalen« Telefon muss ein ISDN-Telefon oder eine ISDN-Telefonanlage mitgeteilt bekommen, auf welche Rufnummer(n) es bzw. sie zu reagieren hat. Dies geschieht am ISDN-Gerät über eine Menüsteuerung zur Konfiguration oder erfolgt über die Programmierung der ISDN-Telefonanlage.

Als besonderer Fallstrick erweist sich hierbei die Angabe der Rufnummer oder auch Rufnummern, unter der bzw. denen das einzelne Gerät später erreichbar sein soll. Prinzipiell sind MSNs *ohne* Ortsnetzkennzahl anzugeben, da die Vorwahlnummer beim physischen Anschluss automatisch von der Ortsvermittlungsstelle

bezogen wird. Dennoch gibt es je nach Hersteller Abweichungen, so dass in einigen Fällen die Angabe aus Ortsnetzkennzahl + MSN bestehen muss.

Folgender Test liefert Aufschluss: Ist ein abgehender Ruf mit einem externen Partner – also nicht innerhalb der Telefonanlage oder am selben ISDN-Basisanschluss – möglich, so sind die Basiseinstellungen aller Voraussicht nach korrekt. Kann der eigene Anschluss jedoch von außen – beispielsweise einem Mobiltelefon – nicht erreicht werden, wurde die angerufene MSN im ISDN-Telefon oder der ISDN-Telefonanlage nicht korrekt definiert.



Bild 20 ISDN-Anschluss; IAE-Steckdose für S<sub>0</sub>-Bus (links), NTBA (rechts); (Quelle: Thomas Schichel).

## Fax und Modem

Wie bereits am Anfang dieses Kapitels ausgeführt wurde, dürfen die gesellschaftlichen Auswirkungen einer schnellen Nachrichtenübermittlung keinesfalls unterschätzt werden. In dem Maße, in dem die Geschwindigkeit für die Übermittlung von Mitteilungen zunimmt, verlieren physische Distanzen an Bedeutung. Elektrische Signale überwinden in Sekundenbruchteilen jede Entfernung auf der Erde – und reduzieren die *gefühlte* Entfernung auf ein Minimum. Selbst bis zum Mond benötigt ein Funksignal nur eine Sekunde, bis zur Sonne sind es immerhin schon achteinhalb Minuten.

Doch welche Möglichkeiten bestanden – von der Antike bis ins Mittelalter, ja selbst noch zu Beginn der Industrialisierung –, Nachrichten zu versenden? Über Jahrhunderte hinweg gab es kaum eine Alternative zum buchstäblichen »reitenden Boten«. Flügeltelegraphen, Rauch- und Lichtzeichen konnten nur einfache, zuvor fest verabredete Nachrichten übertragen. Somit lässt sich heute die Bedeutung kaum ermessen, als es technisch erstmals gelang, den Inhalt eines beliebigen Dokumentes über größere Entfernungen zu übermitteln, so dass beim Empfänger eine Abschrift des Originals vorliegt. Damit wäre bereits die Herkunft des Begriffs *Telefax* erklärt: Es wird ein Abbild eines Dokumentes übertragen – also an einem entfernten Ort eine Abschrift (Faksimile) angefertigt. Die deutsche Bezeichnung *Fernkopierer* beschreibt den Sachverhalt ebenso treffend.

Erste Versuche für eine solche Übertragung gehen bereits auf Arbeiten in der Mitte des 19. Jahrhunderts zurück, als erstmals in Schottland eine Bildübertragung gelang – sogar noch einige Jahre bevor die ersten Telegraphen von Amerika nach Europa gelangten. Um 1865 nahm die erste kommerzielle Bildtelegraphenlinie zwischen Paris und Lyon den Betrieb auf.

Die Entwicklung des modernen Telefax begann in Japan – und das aus gutem Grund: Die japanischen *Kanji* verfügen über etwa 50.000 Schriftzeichen, viel zu viele, als dass eine sinnvolle Übertragung mit dem nur rund 60 Buchstabencodes umfassenden Zeichensatz des seinerzeit weltweit gebräuchlichen Telex-Systems möglich gewesen wäre. Auch die Tatsache, dass selbst gebildete Japaner kaum mehr als 5.000 Zeichen beherrschen und die allgemeine Schulbildung nur knapp 2.000 Schriftzeichen umfasst, ändert an diesem Umstand wenig. Der entscheidende Pluspunkt beim Telefax ist das

Übertragen einer grafischen Kopie des Originaldokuments: Es werden keine formalen Textzeichen übertragen, aus denen beim Empfänger wieder ein Dokument zusammengestellt wird, sondern lediglich Informationen, ob ein bestimmter Punkt auf der Vorlage schwarz oder weiß ist – das genaue Prinzip wird weiter unten erläutert. Damit eignet sich das Telefax nicht nur für das Senden von Texten, sondern zur Übertragung beliebiger Inhalte, also auch von Grafiken und Bildern.

Seit 20 Jahren sind Faxgeräte praktisch aus keinem Büro mehr wegzudenken. Das Versenden von Nachrichten, Bestellungen und Papieren aller Art dauert nur noch wenige Sekunden pro Seite – unabhängig ob das Ziel im Nachbarbüro oder auf einem anderen Kontinent liegt. Auch der Kostenaspekt steht dabei im Raum: Selbst eine 3-minütige Fernverbindung, ausreichend für das Übermitteln von mindestens fünf DIN-A4-Seiten, verursacht im Vergleich mit dem ansonsten erforderlichen Briefporto nur einen Bruchteil an Telefongebühren – zusätzlich zum Zeitvorteil. Durch die weite Verbreitung von E-Mails ist die Bedeutung des Telefax inzwischen rückläufig. Prinzipiell haben jedoch beide Technologien ihre Domäne: Manuell zu bearbeitende Dokumente wie Bestellformulare oder bereits auf Papier vorliegende Zeitschriftenartikel können sehr einfach per Fax versandt werden. Handelt es sich hingegen um Dokumente, die am PC erstellt werden, ist der Umweg über das Papier unnötig, der Versand erfolgt im Anhang einer E-Mail. Diese Art der Übertragung profitiert – gerade für umfangreichere Dokumente – insbesondere von der in der Regel deutlich höheren Übertragungsgeschwindigkeit für Daten im Internet gegenüber dem Fax-Versand über das Telefonnetz. Letzteres gilt auch für eine Rechner-gestützte Fax-Software, die das Komfortargument zu Gunsten der E-Mail ansonsten aufwiegen würde.

Interessanterweise war gerade während der Einführung der Fax-Technik in Europa zunächst ein deutliches Gefälle bei der Geschwindigkeit der Verbreitung festzustellen – ganz offensichtlich war der Bedarf in Regionen mit unregelmäßiger Postzustellung höher.

---

#### **Telex – ein naher Verwandter vom Telefax**

Technisch ähnelt das Telex seinem Vorläufer, dem Morse-Apparat. Die Inhalte werden beim Telex jedoch im Klartext übermittelt und sind damit unmittelbar lesbar. Der Ausdruck der

übermittelten Nachrichten erfolgt entweder auf einen Papierstreifen von der Endlosrolle – ähnlich wie beim Morse-Apparat – oder auf Papierblätter.

Anders als beim Telefax, wo die Kopie eines Dokumentes übertragen wird, ist das Fernschreiben (Telex) zunächst auf einer Konsole ähnlich einer Schreibmaschine zu erfassen. Die Übertragung kann aus Sicherheitserwägungen gegebenenfalls verschlüsselt erfolgen. Die Sendegeschwindigkeit von weniger als 10 Textzeichen pro Sekunde liegt im Bereich der Schreibleistung geübter Typisten und setzt der Übermittlung umfangreicherer Dokumente Grenzen.

Für administrative, militärische und auch kommerzielle Zwecke wurden ab den 1930er Jahren zahlreiche

separate Netze für den Fernschreibdienst (Telex) aufgebaut. Teilweise existieren sie bis in die jüngste Vergangenheit. Ab 1970 wurde der Fernschreiber zunehmend von Fernkopierern (Telefax) verdrängt, dennoch ist die antiquiert anmutende Technologie in einigen sicherheitsrelevanten Bereichen wie beispielsweise der Flugsicherung auch heute noch im Einsatz.

Ein wichtiger Unterschied zwischen den ungleichen Brüdern: Fernschreiber benötigen eigene Netze und spezielle Anschlüsse, während Telefaxgeräte an jeder Telefonsteckdose betrieben werden können.

---

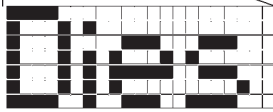
Doch wie arbeitet ein Fax-Gerät? Wie kann – anstelle der Stimme des Gesprächspartners in einem Telefonat – an einer x-beliebigen Stelle auf der Welt ein Abbild, eine Kopie eines Dokumentes entstehen?

Bei den ersten Versuchen im 19. Jahrhundert wurde zunächst die Bildvorlage auf eine Metallwalze übertragen und von dieser abgetastet. In modernen Faxgeräten wird hingegen ein optisches Verfahren genutzt. Dazu werden auf einer mehr oder weniger grob gerasterten Ablichtung helle und dunkle Bildpunkte ermittelt und diese dann zeilenweise übertragen. Beim Empfänger werden daraus wieder zeilenweise Bilder gedruckt. Die grafische Auflösung beträgt zwischen 100–400 dpi; die Einheit *dpi* steht für *dots per inch* und besagt, dass pro Längeneinheit (hier: 1 inch = 25,4 mm) eine entsprechende Anzahl von Punkten grafisch aufgelöst und übertragen wird. Die feinste Auflösung entspricht damit in etwa der doppelten Stärke eines menschlichen Haares.

Die Übermittlung eines Faxes über das Telefonnetz unterscheidet sich kaum von der Sprachübertragung beim Telefonat. Nach Anwahl und Verbindungsaufbau mit einem anderen Faxgerät werden die Datenreihen aus hellen und dunklen Punkten des Bildes als Töne unterschiedlicher Tonhöhe übertragen, genau wie Gesprächsinformationen zwischen Personen. Beim Aufbau einer Faxverbindung ist eine Reihe unterschiedlicher Pfeiftöne zu hören. Sie lassen erahnen, wie die Faxübertragung stattfindet. Um eine unnötige akustische Be-



# Dies ist ein Fax.



```
1 1 1 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
1 0 0 0 1 0 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
1 0 0 0 1 0 0 0 0 0 1 1 1 0 0 0 1 1 1 0 0 0
1 0 0 0 1 0 1 0 1 0 0 0 0 1 0 1 0 0 0 0 0 0
1 0 0 0 1 0 1 0 1 1 1 1 1 1 0 0 1 1 1 0 0 0
1 0 0 0 1 0 1 0 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1 0 0
1 1 1 1 0 0 1 0 0 1 1 1 0 0 1 1 1 1 0 0 0
```

**Bild 21** Datenaufbereitung für die Fax-Übertragung. Das zu sendende Dokument wird zeilenweise abgelichtet. Aus der Rasterung ergibt sich eine Abfolge heller und dunkler Bildpunkte, die zu Datenreihen aufbereitet und als Tonfolgen unterschiedlicher Tonhöhe übertragen werden.

lästigung zu vermeiden, ist der Lautsprecher des Faxgerätes während der Übertragung jedoch abgeschaltet.

Prinzipiell ist beim Faxversand auch eine Farbübertragung möglich – dafür muss jedoch sichergestellt sein, dass auch das empfangenseitige Gerät Farbfaxe verarbeiten kann. Auf Grund der größeren Datenmenge dauert das Senden eines Farbfaxes mit ca. zwei Minuten deutlich länger als bei einer schwarzweißen Seite (20–40 s). Damit eine Übertragung unabhängig von den beteiligten Geräten in jedem Fall funktioniert, handeln die Faxgeräte bereits beim Verbindungsaufbau automatisch aus, welche Art der Übertragung verwendet werden soll. Ist die Gegenstelle nicht in der Lage, farbige Vorlagen entgegenzunehmen, wird automatisch auf schwarzweiß umgeschaltet.

---

## Fax und Telefon – und nur eine Steckdose

Telefaxe sind seit vielen Jahren nicht nur unverzichtbarer Bestandteil der Büroausstattung, sondern finden sich auch in immer mehr privaten Haushalten.

Kaum hat das gute Stück seinen Platz in der Nähe des heimischen Schreibtischs gefunden, stellt sich jedoch die bange Frage nach dem richtigen Anschluss an die Telefonsteckdose.

Wohl dem, der eine kleine Telefonanlage sein eigen nennt: Hier werden sich in praktisch jedem Fall separate Anschlüsse für Telefon und Fax finden lassen – dann bliebe nur noch das Problem mit dem Einrichten der Telefonanlage ...

Sollen Fax und Telefon jedoch direkt an nur einer einzigen Telefonsteckdose betrieben werden, so gibt es zwei Möglichkeiten: Im einfachsten Fall wird das Faxgerät in die Anschlussdose gesteckt und verfügt über eine eigene Anschlussbuchse für das Telefon. Wie so häufig steckt der Teufel jedoch im Detail – und deshalb hat das Telefonkabel typischerweise eine andere Steckernorm.

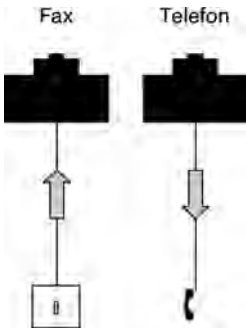
Damit kommt die zweite Lösungsvariante zum Zuge: Die bisherige Te-

lefonsteckdose wird durch eine Mehrfachdose ausgetauscht, die gleichzeitig die Anschlüsse für Telefon und Fax beherbergt.

Doch wie wird in diesem Fall zwischen einem ankommenden Telefonat und einem ankommenden Fax unterschieden? Woher »weiß« das Faxgerät, dass es die Verbindung annehmen soll? – Die Lösung ist ganz einfach: Nach dem »Abheben« wird von der Gegenseite mehrmals ein Signalton gesandt, dies ist das Startsignal für den Faxempfang. Selbst wenn das vermeintliche Gespräch am Telefon entgegengenommen wird, reicht es in der Regel aus, den Telefonhörer wieder aufzulegen und die Taste für den Faxempfang zu betätigen.



**Bild 22** Telefonsteckdosen; IAE-Dose für RJ45 (links), TAE (rechts); (Quelle: Thomas Schichel).



**Bild 23** RJ11 Anschlüsse am Faxgerät (Anschlüsse zum Durchschleifen der Telefonanschlussleitung durch das Faxgerät).



TAE-F



TAE-N

**Bild 24** TAE-F und TAE-N Anschluss; links: Anschluss für Telefon (TAE-F); rechts: Anschluss für Faxgerät, Modem (TAE-N).

Um ein Vertauschen von Anschlüssen für Telefone (TAE-F) und alle anderen Endgeräte wie Fax, Modem oder Anrufbeantworter (TAE-N) zu vermeiden, besitzen die auf den ersten Blick sehr ähnlichen Stecker eine unterschiedliche Form, so dass eine mechanische Sperre den Zugang zur jeweils falschen Buchse blockiert.

---

### Safety First

Aus Sicherheitserwägungen konnte es durchaus sinnvoll erscheinen, einen Boten die Nachricht auswendig lernen zu lassen. Kein Dokument konnte verloren gehen oder in die falschen Hände gelangen. Selbst im Fall einer gewaltsamen Erpressung war der Inhalt, war die Vertraulichkeit der Nachricht vergleichsweise gut geschützt: Wer – außer dem Boten und dem Absender – sollte die Richtigkeit der Antwort beurteilen können? Oder wurden Bote und Absender belauscht und Teile der Nachricht waren bereits bekannt? Ein weiterer wesentlicher Aspekt: weder Absender noch Empfänger mussten Lesen und Schreiben können. – Wenngleich sich derjenige, der einen Boten beauftragen und bezahlen konnte, in der Regel wohl auch einen Schreiber hielt.

In jedem Fall birgt die enge Verbindung zwischen Bote und Mitteilung Gefahren: Was passiert wenn der Bote Opfer eines Angriffs wird? Erreicht

er das Ziel nicht, geht die Nachricht aller Wahrscheinlichkeit nach verloren. – Bei der mündlichen Übermittlung steht also ganz klar das Vertrauen in Persönlichkeit und Fähigkeiten des Überbringers im Vordergrund.

Insbesondere für längere Nachrichten erweist sich die mündliche Überlieferung jedoch als problematisch. Kann sich der Bote den Inhalt merken? Vollständig und auch fehlerfrei? Hier hat die geschriebene Nachricht unbedingte Vorteile. Aber auch sie kann verloren gehen, abgefangen werden oder in falsche Hände gelangen und sogar manipuliert werden. Für den des Lesens unkundigen Boten handelt es sich lediglich um eine Rolle oder ein Paket, welches es zu befördern gilt – ein versehentliches oder beabsichtigtes Ausplaudern ist eher unwahrscheinlich. Auch lässt sich das Dokument, beispielsweise durch eine Reiterstaffel, weiterbefördern, während ein einzelner Reiter,

selbst wenn er über die Möglichkeit verfügt, das Pferd zu wechseln, auch selber von Zeit zu Zeit Pausen einlegen muss.

Wäre es unter Umständen nicht vorteilhaft, das Dokument in einer stabilen Kiste, die mit einem sicheren Schloss bewehrt ist, zu transportieren? Je nach Ausführung (Stahlsafe!) ist es nur unter hohem materiellem Einsatz möglich, an das Dokument zu gelangen. – Andererseits erregt eine solch aufwändige Verpackung nicht unerhebliches Aufsehen. Gibt es vielleicht eine geeignete Tarnung, die dem Außenstehenden keinerlei Hinweis auf die brisante Mitteilung gibt?

Selbst wenn der erste Anschein kaum einen Bezug zu modernen Kommunikationsmedien liefert, so sind gerade im Zeitalter von Fax, E-Mail und Internet ganz ähnliche Si-

cherheitsrisiken zu betrachten – und höchst erstaunlicher Weise wird ihnen mit denselben Methoden begegnet, wie in früheren Jahrhunderten. Lediglich bei der Umsetzung bedient man sich zeitgemäßerer Werkzeuge.

Aus innenpolitischen Sicherheits-erwägungen sind die Betreiber von Telekommunikationsnetzen seit einigen Jahren verpflichtet, technische Einrichtungen zum »Anzapfen« von Leitungen – oder besser: zum Verfolgen von Datenströmen und Gesprächsinformationen – bereit zu halten. Auch wenn diese Maßnahmen eher im Nachhinein zum Verfolgen von Straftaten als im Vorfeld zum Aufdecken entsprechender Planungen ihre Schlagkraft unter Beweis stellen konnten, so stehen auch prominente Wirtschaftsspionageakte damit im Zusammenhang.

---

Bereits bei der Beschreibung einer Faxverbindung wurde deutlich, dass Telefonverbindungen sehr wohl für die Datenübertragung genutzt werden können. Was liegt also näher, als elektronische Datenverarbeitungssysteme auf diesem Weg miteinander zu verbinden. Damit Daten über Telefonverbindungen gesendet und empfangen werden können, ist eine Verbindung zwischen dem jeweiligen Rechner und dem Telefonnetz erforderlich. Dafür kommen zwei unterschiedliche technische Ansätze in Frage: Akustikkoppler und Modem.

Der offensichtliche Weg führt über den Akustikkoppler; er stellt eine direkte Verbindung zwischen Datenverarbeitungssystemen und Telefonhörer her. Daten werden – genau wie beim Fax – in akustische Tonfolgen umgesetzt, die dann in den Telefonhörer übertragen werden. Akustikkoppler haben daher die Form einer Ablageschale für den Telefonhörer und verfügen jeweils über ein Mikrophon – das dem Telefonlautsprecher gegenüberliegt – und einen Lautsprecher – in der Nähe der Sprechkapsel vom Telefonhörer. Das Empfangen und Senden von Daten erfolgt damit genau wie bei einem Telefonat und auch die Anwahl zur Gegenstelle wird wie gewohnt über das Telefon vorgenommen.



**Bild 25** Akustikkoppler (Quelle: Fritz Mergenthaler, <http://www.serv24.net>).

Der zweite Ansatz ist technisch weniger aufwändig – nutzt er doch die Tatsache, dass die Daten auf dem Rechnersystem oder PC schon in elektronischer Form vorliegen und auch die Übertragung über das Telefonnetz durch elektrische Signale erfolgt. Über eine einfache elektronische Komponente – das Modem – werden Rechner und Telefonnetz miteinander verbunden. Das Modem wird über den Rechner angesteuert und verhält sich wie ein Telefon, das Verbindungen aufbauen und entgegennehmen kann. Daten werden ohne Umweg über Mikrofon und Lautsprecher unmittelbar als elektrisches Signal



**Bild 26** Modem (verschiedene Bauformen).

auf die Telefonleitung gespielt. Dadurch entfällt der Zwischenschritt über akustische Signale, die zunächst über einen Lautsprecher in das Mikrofon des Telefons übertragen werden müssen.

Bei dem Begriff *Modem* handelt es sich um ein Kunstwort, das aus den Worten *Modulator* und *Demodulator* entstand. Er kennzeichnet die Funktion des Modems – ein (Daten-)Signal wird zur Übertragung auf einen Träger moduliert und empfangsseitig wieder demoduliert.

## DSL

Der technischen Auslegung der Telefonnetze am Ende des 19. und zu Beginn des 20. Jahrhunderts waren umfangreiche Untersuchungen vorangegangen, in wie weit die Sprachverständlichkeit durch ein Begrenzen der Bandbreite, d. h. des zu übertragenden Frequenzspektrums, in Mitleidenschaft gezogen werden würde. Sowohl der Stand der Technik als auch wirtschaftliche Erwägungen machten dies erforderlich. Die bereits erwähnte Einschränkung auf den Grundtonbereich der menschlichen Stimme ist vor diesem Hintergrund unbedingt nachvollziehbar. Für die schnelle Übertragung großer Datenmengen ergeben sich daraus jedoch spürbare Limitierungen.

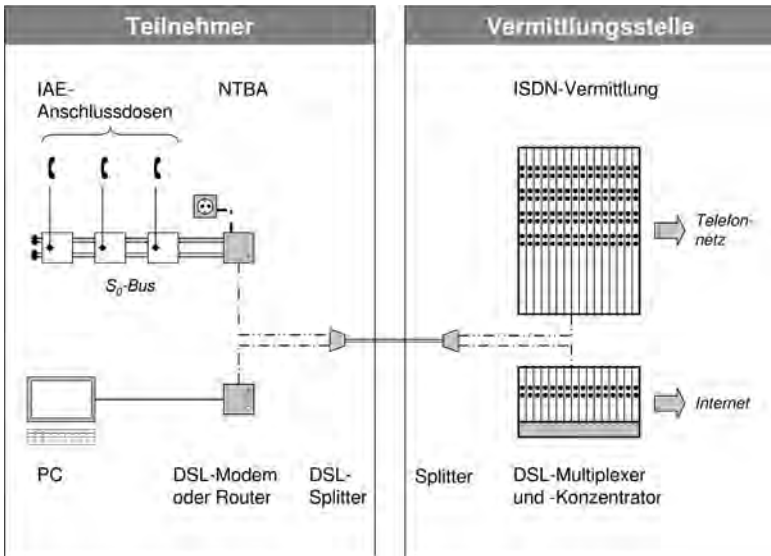
Durch die Beschränkung auf das Frequenzband von 300 Hz bis 3.400 Hz erreicht die mit einem Modem zu übertragende Datenrate selbst bei guter Leitungsqualität kaum mehr als 30.000 Bit/s (30 kBit/s). Auch die über ISDN zu erreichende Datenrate von 64 kBit/s beziehungsweise 128 kBit/s bei gleichzeitiger Nutzung beider Kanäle stellt keinen wirklichen Quantensprung dar. Die enorme Verbreitung des Internet – siehe auch Kapitel *Das Internet*, ab Seite 99 – und der damit einhergehende Bedarf nach leistungsfähigen Datenverbindungen hat die Entwicklung einer neuen Technologie beschleunigt, die seit den 1990er Jahren kommerziell genutzt wird.

Die Einführung von DSL (*Digital Subscriber Line*, digitaler Teilnehmeranschluss) erlaubt Datenraten von – theoretisch – über 200 MBit/s (200.000.000 Bit/s); derzeit verfügbar sind Anschlüsse bis zu 16 MBit/s. Tatsächlich verbirgt sich hinter der Bezeichnung *DSL* eine Vielzahl unterschiedlicher technischer Ansätze zur hochratischen Datenübertragung über bestehende Telefonanschlüsse. Je nach Anbieter kommen unterschiedliche Technologien zum Einsatz. Am

weitesten verbreitet ist in Deutschland ADSL. Die Bezeichnung deutet auf eine *asynchrone* Aufteilung von Sende- und Empfangskanälen hin. Entsprechend dem Nutzungsverhalten der meisten (Privat-)Nutzer steht für den Datenempfang aus dem Internet eine deutlich größere Bandbreite zur Verfügung als für die Senderichtung. Für Firmenkunden und professionelle Nutzer gibt es auch Angebote, die eine *symmetrische* Aufteilung der Bandbreite für Sende- und Empfangsrichtung (SDSL) vorsehen. Seit Ende 2006 wird in einigen Städten auch der Standard VDSL2 angeboten. Hierbei werden Datenraten von bis zu 100 MBit/s – sowohl in Empfangs- als auch in Senderichtung – erreicht. Ein flächendeckender Ausbau ist derzeit nicht in Sicht.

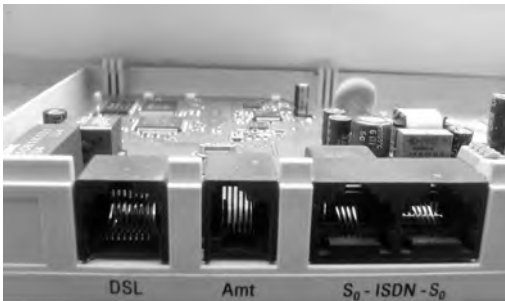
Eines der wesentlichsten technischen Probleme ist die geringe Reichweite hochfrequenter Signale: Die Länge der Leitung darf nur wenige Kilometer betragen, sonst ist das Signal zu stark verrauscht. – Man erinnere sich an die im ersten Kapitel beschriebene Wirkung des elektrischen Widerstandes von Kabeln: Dasselbe Phänomen gilt auch für Signalleitungen! Schlimmer noch, das hochfrequente Datensignal muss nicht nur einen Gleichstromwiderstand überwinden, sondern zusätzlich auch einen mit der Frequenz steigenden Wechselstromwiderstand – und erfährt dadurch eine noch stärkere Dämpfung. Schließlich ist, nach einigen Kilometern Kabellänge, das Nutzsignal nicht mehr stärker als das allgemeine Rauschen. Vielen Anschlüssen in ländlichen Regionen steht daher nur eine deutlich reduzierte Datenrate von lediglich 386 kBit/s zur Verfügung. Ab einer Entfernung von mehr als 5–6 km zur nächsten Ortsvermittlungsstelle (Kabellänge, nicht Luftlinie) kann in der Regel kein DSL-Anschluss mehr bereitgestellt werden. Durch den Einsatz von SDSL-Verfahren wäre eine Erhöhung der Reichweite auf bis zu 8 km möglich, durch die parallele Nutzung zweier Leitungspaare sogar noch darüber. Dieses Verfahren wird zurzeit jedoch nur von einem kleineren Netzbetreiber angeboten, so dass an eine bundesweite Verfügbarkeit kaum zu denken ist. – Ganz anders stellt sich dagegen die Situation in der Schweiz dar, wo seit dem Jahr 2008 ein Breitband-Internetzugang mit 600 kBit/s in Empfangs- und 100 kBit/s in Senderichtung zum staatlichen Grundversorgungskatalog gehört; bereits vier Jahre zuvor erreichte die Netzabdeckung schon 98 % der Schweizer Bürger.

Als Alternativen sind drahtlose Übertragungstechnologien aus der Mobilfunktechnik (siehe Abschnitt *Das Internet wird mobil*:



**Bild 27** Anschlussschema für DSL.

*EDGE, UMTS, HSDPA und WiMax*) in Betracht zu ziehen. Es gibt – ähnlich wie für den Fernseh- und Rundfunkempfang – sogar Satellitenkanäle für den Datenempfang. Hier stellt sich allerdings das Problem, dass es keinen direkten Rückkanal gibt. Somit können Daten aus dem Internet zwar über eine hochratige Satellitenverbindung geladen werden, das Versenden von E-Mails, ja sogar jeder Klick auf einer Webseite muss jedoch über eine schmalbandige Telefonverbindung (ISDN oder Modem) erfolgen. Eine weitere Ausweichmöglich-



**Bild 28** DSL-Splitter (geöffnet); (Quelle: Matthias Sebulke).



keit stellen regionale Anbieter dar, die lokal eng begrenzt per Richtfunk eine breitbandige Internetverbindung bereitstellen.

Dementsprechend ist in großstädtischen Ballungszentren längst eine flächendeckende Versorgung gegeben, während gerade in ländlichen Gebieten weiterhin etliche »weiße Flecken« auf der Landkarte existieren. Dies betrifft insbesondere die neuen Bundesländer, da dort großflächig neue Infrastrukturen mit Glasfaserverbindungen aufgebaut wurden. Inzwischen werden zumindest partiell auch parallel zu den Glasfasern Kupferkabel verlegt und lokale DSL-Zugangspunkte installiert.