

Von der Brieftaube zum Handy

Mit unseren Mitmenschen und der Umwelt kommunizieren wir fast ausschliesslich mittels optischer und/oder akustischer Signale. Doch ihre Reichweite ist sehr beschränkt.

Meldeläufer, -reiter und -flieger

Über größere Entfernungen kommunizierte man seit jeher mittels Meldeläufern oder -reitern. Schon vor Jahrtausenden liessen chinesische, altägyptische und mesopotamische Herrscher ihre Befehle von Boten übermitteln und wurden von diesen über die Geschehnisse im Land unterrichtet. Hervorragend organisiert war im 5. Jh. v. Chr. die Reiterpost im Perserreich auf z.T. mehrere Tausend Kilometer langen Straßen. Auf ähnliche Weise funktionierte die als Service public organisierte Botenpost (sog. Cursus publicus) im Römischen Reich. Im Inkareich gab es im 15. Jh. Stafetten von Meldeläufern, die in 8 Tagen eine Strecke von 2000 Kilometern zurücklegten.

Einen geordneten Postdienst gab es in Europa vom 12. Jahrhundert an, als das Haus Thurn und Taxis das Botenwesen in weiten Teilen Deutschlands und Mitteleuropas reorganisierte. Franz von Taxis schuf um 1495 eine von Innsbruck bis Mecheln in den Niederlanden führende Postlinie. Als bisher kaiserliches Regal wurde die Thurn und Taxische Postverwaltung 1867 vom Preußischen Staat übernommen. In Österreich war die Post schon 1727 verstaatlicht worden, in der Schweiz 1848.

Viel schneller als die beste Reiterpost waren die „Meldeflieger“ der Alten Welt: schon im 3. Jahrtausend v.Chr. verfügten die Ägypter über Brieftauben. Sie können pro Tag Strecken von 600 bis 1000 km überwinden, mit Geschwindigkeiten von 60 km/h, mit Rückenwind sogar 100 km/h. Brieftauben haben den Nachteil, daß sie immer nur zu ihrem angestammten Schlag zurückkehren, dies aber so schnell wie möglich. Im 13. Jahrhundert gab es eine regelmäßige Brieftauben-Postlinie zwischen Bagdad und dem 1500 km entfernten Kairo. Die „zu Hause“ ankommenden Tauben mußte man allerdings auf dem Land- und Wasserweg ständig zum Endpunkt der Linie zurückführen. Bis vor wenigen Jahren waren Brieftauben in vielen Armeen das letzte Kommunikationsmittel, im Falle daß Telefon und Radio versagten.

Feuer- und Rauchtelegrafen

Feuer- und Rauchsignale waren die optischen Fernmeldevorrichtungen der Antike. Das Aufflammen von Signalfeuern bedeutete Alarm oder das Eintreten eines im Voraus abgesprochenen Ereignisses. So gab es im Römischen Reich am germanischen Limes einen „Fackeltelegrafen“: die dort höchstens 1 km voneinander entfernten Wachtürme standen in Sichtverbindung, ein Alarm liess sich durch Anzünden von Fackeln schnell bis zum nächsten Kastell übermitteln, wo Truppen ausrücken konnten. Sonst begnügte man sich mit dem gut organisierten Kurierdienst, den Karl der Große nach dem Untergang Roms zur Verwaltung seiner Länder teilweise wieder aufbaute.

Relais-Rufer

In der Antike gab es nur eine einzige Alternative zum Signalfeuer: Ruflaute. Im 4. Jh. v.Chr. verfügten die Perser in ihrem Stammland über ein Alarmsystem, das aus Hunderten von Relais-Rufern bestand. Damit konnten ohne weiteres 300 km überbrückt werden, was der Entfernung zwischen Persepolis und den Grenzen des Landes entsprach. Die menschliche Stimme hat allerdings eine praktisch nutzbare Reichweite von höchstens 1 km. In dieser Entfernung kann lediglich noch festgestellt werden, daß jemand gerufen hat, einzelne Worte sind nicht verständlich.

In seinen Kommentaren zum Gallischen Krieg erwähnt Julius Cäsar (100-40 v.Chr.), daß die Gallier über Ketten von Rufposten verfügten, die eine schnelle Übermittlung von Alarmsignalen ermöglichten. In einem spezifisch dokumentierten Beispiel betrug die Geschwindigkeit der Signalübertragung aber nur etwa 20 km/h, nicht viel mehr, als man mit Reiterboten erreichen kann.

Ein akustisches Fernmeldesystem besonderer Art entstand in den Urwaldgebieten Afrikas und Südamerikas, wo eine dichte Vegetation die Propagation optischer Signale verunmöglicht. Mit der Trommel (sog. „Buschtelefon“) wird die rhythmische Komponente der Sprache nachgeahmt; jeder Satz wird zahlreiche Male wiederholt, bis der Empfänger die Mitteilung sicher verstanden hat.

Signale auf See

Der Bedarf nach einer geregelten Kommunikation zwischen Schiffen sowie zwischen Schiffen und der Küste bestand schon in der Antike. Man signalisierte mit weißen oder farbigen Tüchern, entsprechend vorher vereinbarten Inhalten. Ein erster Code für Flotten- und Schiffsignale mit farbigen Flaggen wurde im 9. Jahrhundert vom byzantinischen Kaiser Leo V in Kraft gesetzt und im Mittelmeerraum generell übernommen. Ein erstes internationales Flaggenalphabet und ein zugehöriges Signalbuch wurden 1857 in England geschaffen und 1934 nochmals verbessert als weltweit verbindlich erklärt. Es besteht aus 28 viereckigen, Buchstabenflaggen sowie 10 länglich-dreieckigen Zahlenflaggen.

Jede Flagge für sich allein bzw. in Kombination mit anderen Flaggen entspricht auch einer bestimmten Mitteilung oder Nachricht, die von der Weltorganisation für Seeschifffahrt definiert wurde. Es sind 375 000 verschiedene Signalinhalte möglich. Das Signalwesen auf See umfaßt auch Lichtsignale mit Farbleuchten, das Lichtmorsen mit Signallampen oder Scheinwerfern, Winkflaggen um mit Armstellungen Signale nach dem Morsealphabet zu übermitteln sowie akustische Signale mit der Sirene.

Der optische Telegraf

Gegen Ende des 18. Jahrhunderts war Frankreich nach der Revolution von den meisten Nachbarländern militärisch bedroht: es bestand ein akuter Bedarf nach einem schnellen Nachrichtenaustausch über große Entfernungen. So entwickelten Claude Chappe (1762-1805) und sein Bruder Ignace einen optischen Telegrafen; die erste Linie wurde 1794 zwischen Paris und Lille in Betrieb genommen.

Auf der 212 km messenden Strecke befanden sich insgesamt 23 Stationen, die 4 bis 15 km voneinander entfernt waren und sich über fest montierte Fernrohre gegenseitig beobachteten. Auf dem Dach jeder Station befand sich ein Mast, an dessen Spitze ein 4 m langer, in der Mitte drehbarer Balken angebracht war (sog. Régulateur). Er ließ sich in 4 verschiedene Stellungen bringen (horizontal, vertikal, geneigt nach links, geneigt nach rechts). An beiden Enden des Balkens war ein drehbarer, einarmiger Flügel von 2 m Länge befestigt (sog. Indicateur); jeder davon ließ sich unabhängig vom anderen in sieben Stellungen bringen. Somit waren 196 geometrische Konfigurationen möglich, von denen 92 für die Übermittlung von Nachrichten benutzt wurden.

Normalerweise wurden nacheinander zwei Konfigurationen eingestellt, denen je eine von 92 Seiten und dort eine von 92 Zeilen im Telegrafischen Wörterbuch zugeordnet waren. An jeder Station wurde die bei der Nachbarstation beobachtete Konfiguration eingestellt; zur Übertragung einer Nachricht von 30 Wörtern von Paris nach Lille benötigte man etwa eine halbe Stunde. In England andererseits setzte sich der sechs Klappen umfassende optische Telegraf von Lord George

Murray (1761-1803) durch. Die französischen und britischen Systeme wurden in der Folge in aller Welt kopiert.

Elektrische Telegrafen

Luigi Galvanis (1737-1798) berühmten Experimente über die elektrische Reizung von Froschschenkeln inspirierten Alessandro Volta (1745-1827) zum Bau der nach ihm benannten Säule aus Kupfer- und Zinkplättchen, der ersten Batterie. Damit stand erstmals eine einfache und zuverlässige Quelle elektrischer Energie zur Verfügung. Eine Voltasche Säule mit Schalter konnte über zwei Drähte eine Elektrolysezelle in beliebiger Entfernung kontrolliert zum Gasen bringen. Auf diesem Prinzip basierte Samuel Thomas von Soemmerings (1755-1830) elektrischer Telegraf, den er 1809 der Münchner Akademie vorführte.

Zu praktischen Anwendungen der elektrischen Telegrafie kam es erst, nachdem 1819 der dänische Physiker Hans Christan Oersted (1777-1851) die Beeinflussung einer Kompaß- oder Magnetnadel durch das Magnetfeld eines stromdurchflossenen Drahtes entdeckt hatte. Je nach Stromrichtung läßt sich die Nadel in die eine oder die andere Richtung auslenken. Praktisch gleichzeitig fand J.S.Ch. Schweigger (1779-1857) in Dresden, daß man durch Wickeln des Drahtes zu einer Spule das Magnetfeld verstärken konnte. Ein Weicheisenstab innerhalb der Spule bewirkt zudem die „Konzentration“ des Magnetfelds. Nunmehr konnten erhebliche mechanische Kräfte durch elektrische Ströme wirksam werden; sie ließen sich durch Ein- und Ausschalten des Stromes am Senderstandort beliebig steuern. Damit waren die Voraussetzungen für einen elektrischen Telegrafen geschaffen.

Nadeltelegraf und Zeigertelegraf

Der Mathematiker Carl Friedrich Gauss (1777-1855) spannte 1833 zusammen mit dem Physiker Wilhelm Erhard Weber (1804-1891) Drähte zwischen der Göttinger Sternwarte und dem 1,5 km entfernten physikalischen Kabinett der Universität. Dort waren Magnetometer aufgestellt, d.h. frei schwingende Stabmagnete, die mit Kupferdraht umwickelt wurden. Durch Anlegen positiver und negativer elektrischer Impulse aus einer Voltaschen Säule in der Sternwarte wurde der Magnet in die eine oder andere Richtung abgelenkt. Dies ermöglichte die Übermittlung von Buchstaben und Zahlen mit Hilfe eines fünfstelligen Binärcodes, z.B. + + + + + für a, + + + + - für b, usw.

Der Ersatz der Stabmagnete durch leichte Kompaß-Magnetnadeln, machte das Telegrafieren über größere Entfernungen prinzipiell möglich. William F. Cooke (1802-1879) und Charles Wheatstone (1802-1875) bauten in England einen Fünf-Nadel-Telegrafen, der 1838 von der Great-Western-Bahn zwischen Paddington und West-Dreyton eingesetzt wurde. Aus der Zusammenarbeit von Cooke und Wheatstone ging auch der Zeigertelegraf hervor. Bei diesem System wird ein Zeiger mit Hilfe eines Elektromagneten schrittweise vor einer Zeichenscheibe bewegt. Vom Sendegerät werden Stromimpulse übertragen, bis der Zeiger des Empfängers vor dem gewünschten Buchstaben stehen bleibt und abgelesen wird. Vom Zeigertelegrafen war es nur noch ein kleiner Schritt zum Typenrad-Telegrafen, der einen Ausdruck des Telegramms in Klarschrift auf einem abgerollten Papierstreifen ermöglichte.

Der Morsetelegraf

Samuel F.B. Morse (1791-1872) aus Connecticut (USA) wurde als Kunstmaler ausgebildet, doch ist sein Name aufs Engste mit einem durchschlagend erfolgreichen elektromagnetischen Telegrafen verbunden. Die erste, 1837 verwirklichte Version war mit einem pendelnd aufgehängten, von einem Elektromagneten impulsweise ausgelenkten Schreibarm ausgerüstet. Er schrieb Zacken auf ein Papierband, das von einem Uhrwerk angetrieben wurde.

Anfänglich übermittelte man auf diese Weise lediglich Zahlen, entsprechend der Abfolge aneinanderhängender Zacken; diese Zahlen mußten anhand eines telegrafischen Wörterbuchs übersetzt werden. Später entwickelte Morse ein stark verbessertes Schreibgerät mit Elektromagneten, das Punkte und Striche schrieb. Damit wurde ein serieller Code geschaffen, der für die Buchstaben ein- bis vierstellig, für die Zahlen fünfstellig und für die Satzzeichen sechsstellig war. Dieses „Morsealphabet“ wurde 1865 international festgeschrieben und gilt heute noch. Durch Tasten und Abhören ließ sich routinemässig eine Übertragungsgeschwindigkeit von 120 Zeichen pro Minute erreichen. Die erste Versuchsanlage wurde 1844 zwischen Baltimore und Washington gebaut, überbrückte also eine Entfernung von 62 km.

Fernschreiber und Telefax

Der Fernschreiber („Telex“) löste den Morsetelegraphen langsam ab, nachdem 1917 in den USA die ersten, von einem Elektromotor angetriebenen Geräte der modernen Art verfügbar wurden. Man schrieb auf einer Schreibmaschinentastatur, wobei jeder Tastenanschlag eine Sequenz von maximal fünf elektrischen Impulsen sowie ein Start- und Stoppsignal aussandte, die am Empfangsgerät dieselbe Taste auslösten und den Abdruck des entsprechenden Zeichens auf ein Blatt Papier bewirkte. Um den Telexverkehr zu beschleunigen, perforierte man zuerst einen Lochstreifen, den man mit der höchstmöglichen Geschwindigkeit von 400 Zeichen pro Minute durch den Leser laufen ließ.

Für die japanische Schrift konnten keine zufriedenstellenden Fernschreiber gebaut werden, denn sie umfaßt zwei Silbenalphabete sowie hunderte von chinesischen Wortzeichen („Kanji“), die zur Präzisierung der Bedeutung unentbehrlich sind. Man schrieb von Hand oder mit besonderen Schreibmaschinen, später direkt mit dem Computer. Man war aber gezwungen, schriftliche Dokumente per Post zu befördern, wenn es eilte mit Auto- oder Motorradboten. Infolge von Staus verzögerte sich die Zustellung von dringenden Dokumenten häufig auf unerträgliche Weise.

Es gab in den USA seit 1975 eine Lösung, für die sich dort kaum jemand interessierte. Der für den Bildfunk seit langem bekannte Facsimile war stark vereinfacht, miniaturisiert und verbilligt worden. Mit dem neuen Telefax oder Fax konnten komplette Dokumente mit Briefkopf, Logo, beliebigen Schriftzeichen, Unterschrift, Strichzeichnungen und sogar Halbtonbildern innerhalb von Sekunden bis Minuten über normale Telefonleitungen übermittelt werden. Das war genau, was Japan dringend brauchte. Der Fax wurde dort konsequent weiterentwickelt und verbilligt; er verdrängte den Fernschreiber in den westlichen Ländern bis Ende der 80er Jahre nahezu vollständig.

Beim Fax wird das zu übermittelnde Dokument einer Zeile von Fotodioden entlang gezogen und mit einer Auflösung von etwa 3 Bildpunkten pro Millimeter abgetastet. Die Information wird digitalisiert und stark komprimiert, damit nur Änderungen von Schwarz zu Weiß und umgekehrt übertragen werden müssen. Am Empfangsgerät wird die komplette Information rekonstruiert und ausgedruckt.

Rohrpost

Mitte des 19. Jahrhunderts wuchs das Bedürfnis nach einer Beschleunigung des Transports von Briefen und Postkarten. Dem kam die Rohrpost entgegen, deren Transportmittel von Anfang an eine zylindrische Dose mit einem Durchmesser von 2,5 bis über 12 cm war, die in etwas größeren Rohren lief. Druckluft oder Vakuum diente als Energiequelle, die Transportgeschwindigkeit lag bei 30 km/h.

Die erste Rohrpostanlage wurde 1843 in London zwischen dem Telegrafbüro und der 300 m entfernten Börse gebaut. Ein ähnliches System verband später die Poststellen der Stadt miteinander; in den 30er Jahren hatte das Londoner Rohrpostsystem eine Länge von 91 km erreicht; es blieb bis 1962 in Betrieb. Einer besonderen Beliebtheit - nicht zuletzt zum schnellen Austausch von Geschäfts- und Liebesbriefen - erfreute sich der von 1866 bis 1984 in Betrieb stehende Pariser „Pneumatique“; das Netz hatte zuletzt eine Länge von 320 km und verlief in der Abwasser-Kanalisation. Der Absender konnte damit zählen, dass seine Mitteilung innerhalb von 1½ Stunden beim Empfänger eintraf. In Warenhäusern, Krankenhäusern, Zeitungsredaktionen und Banken sind heute noch zahlreiche hausinterne Rohrpostanlagen in Betrieb.

Telefon

Bei Versuchen, Telegrafleitungen mehrfach zu nutzen, erfand der aus Schottland stammende Stimmphysiologe Alexander Graham Bell (1847-1922) an der Universität Boston 1876 das Telefon. Sein System umfasste gleich aufgebaute, induktive Sender und Empfänger. Eine durch die Sprache ins Schwingen gebrachte Eisenmembran war unmittelbar vor einer Spule mit permanentmagnetischem Kern angebracht; die Veränderung des Magnetfelds induzierte einen sprachmodulierten Strom in der Spule, der auf Drähten zum Empfänger übertragen wurde; dort wurde der Vorgang umgekehrt, die Membran schwang im Takt der Sprache.

Wegen der schwachen Induktionsströme war die Reichweite auf 40 bis maximal 70 km begrenzt. Um weiter zu kommen, ging man zum Kohlemikrophon über, das aus einer mit Kohlekörnern gefüllten Dose mit aufgespannter Membran bestand. Der stark druckabhängige elektrische Widerstand zwischen den Kohlekörnern verändert sich im Takt der Schallschwingungen; so konnte man den Strom einer Batterie modulieren und zum Empfänger übertragen. Den endgültigen Durchbruch erzielte das Telefon mit der 1907 erfundenen Verstärkerröhre: sie ermöglichte in den 20er Jahren einen weltumspannenden Telefonverkehr.

Drahtlose Telegrafie und Radio

Elektromagnetische Wellen im Wellenlängenbereich von 1 mm bis 30 km bezeichnet man als Radiowellen; sie wurden 1886 vom deutschen Physiker Heinrich Hertz (1857-1894) entdeckt und in der Folge eingehend erforscht. Ein zwanzigjähriger Student an der Universität Bologna namens Guglielmo Marconi (1874-1937) hörte von diesen Experimenten und dachte sofort an die drahtlose Übermittlung von Nachrichten. In England fand er Unterstützung seitens der Post; 1897 gelang es ihm, Telegrafie-Signale über einen 5 km breiten Meeresarm bei Bristol zu übermitteln. Vier Jahre später wurden erstmals Radiosignale zwischen Cornwall und Neufundland über eine Entfernung von 3500 km übermittelt.

Man arbeitete damals mit riesigen Maschinensendern die eine Leistung von mehreren Hundert Kilowatt benötigten, sowie empfängerseitig mit primitiven Halbleitersystemen. Enorme Fortschritte brachten kurz nach dem Ersten Weltkrieg der auf einem engen Frequenzkanal arbeitende Röhrensender und der darauf genau abstimmbare Röhrenempfänger, der sich auch für Sprach- oder Musiksignale eignete. Solche Geräte bildeten bis Anfang der 60er Jahre die technische Basis des Hörfunks oder Radios sowie des gesamten Funkwesens. Empfängerseitig wurden dann die Röhren durch Transistoren, etwas später durch integrierte Schaltungen ersetzt. In den USA strahlten Radioamateure ab 1915 Schallplattenkonzerte, Unterhaltung und Werbung ab; die ersten professionellen Rundfunkstationen entstanden um 1920.

Fernsehen

Man wußte schon Mitte des 19. Jahrhunderts, daß zur Fernübertragung von Bildern diese punkt- und zeilenweise abgetastet und die Helligkeit der Punkte gemessen werden müssen. Nach der sequenziellen Übermittlung dieser Meßwerte muß man damit eine Lichtquelle modulieren, um das Bild punkt- und zeilenweise zu rekonstruieren. Erfolgt dies rasch genug (d.h. mit über 20 Bildern pro Sekunde wie beim Kinofilm), so lassen sich bewegte Bilder übertragen.

An der Funkausstellung in Berlin wurden 1928 gleich zwei elektromechanische Fernsehsysteme vorgeführt. Der Ungare Dénes von Mihály (1894-1953) arbeitete mit einer Spiegelschraube für die Bildabtastung und –wiedergabe. Dieses System lieferte ein Bild von 4 x 4 cm mit 900 Bildpunkten. Der Leipziger Physiker August Karolus (1893-1972) andererseits hatte mit Unterstützung der Firma Telefunken eine Vierfach-Spirallochscheibe für 96 Zeilen entwickelt. Der Empfänger war mit einem Spiegelrad ausgerüstet, der das Bild auf eine 75 x 75 cm große Leinwand projizierte.

Brauchbare Fernsehempfänger verdankt man der 1906 erfundenen Kathodenstrahlröhre von Ferdinand Braun (1850-1918). In Brauns Röhre tastete ein gebündelter Elektronenstrahl den mit Leuchtstoff versehenen Bildschirm zeilenweise ab; die Intensität des Strahls ließ sich mit dem Bildsignal modulieren. Senderseitig war der Durchbruch zum vollelektronischen Fernsehen dem aus Rußland stammenden, nach Amerika ausgewanderten Wladimir K. Zworykin (1889-1982) zu verdanken. Bei Westinghouse und RCA entwickelte er seine Bildaufnahmeröhre, das sog. Ikonoskop. Es handelte sich um eine Braunsche Röhre, in welcher das Bild optisch auf eine Speicherplatte fokussiert wurde; letztere wandelte die Helligkeitsverteilung in eine elektrische Ladungsverteilung um. Tastete ein Elektronenstrahl die Platte ab, so entstand eine Sequenz von Spannungsimpulsen, die elektronisch verstärkt dem Sender zugeführt wurde. Zworykins elektronische Kamera wurde in Deutschland nachgebaut und erstmals in großem Stil 1936 bei den Olympischen Spielen in Berlin eingesetzt.

Für das Farbfernsehen sind im Prinzip drei Kameras für Blau, Grün und Rot erforderlich, sowie empfangenseitig eine Bildröhre mit drei Elektronenstrahlquellen, die dank einer perforierten Maske jeweils nur Leuchtstoffelemente der zugehörigen Farbe aktivieren. Durch Farbaddition entstehen alle gewünschten Farbtöne. Die heutigen Fernsehkameras sind dank dem Ersatz der Aufnahmeröhren durch Halbleiterelemente (vor allem des CCD-Typs) sehr viel leichter geworden. In tragbaren Empfängern mit kleineren Bildschirmen ersetzen flache und batterieschonende Flüssigkristallanzeigen die klassische Bildröhre.

Fonograf, Grammophon und Tonbandgerät

Zur Speicherung von Audiosignalen ging die Entwicklung von rein mechanischen Systemen aus (Edisons Fonograf, Berliners Schallplatte), die mit der Zeit dank der Elektronik drastisch verbessert wurden. Erste Experimente mit Flankenschrift-Stereoton (zwei unabhängige Bewegungen des Schneidstichels bzw. der Abspielnadel unter 45 Grad zur Plattenoberfläche) wurden in den USA schon in den 30er Jahren durchgeführt. Doch die Stereoplatte setzt sich erst Mitte der 50er Jahre durch. Die erforderliche Trennung der Rechts- und Linkskanäle war dank dem Tonband als Zwischenspeicher möglich geworden.

Die magnetische Tonaufzeichnung wurde 1898 vom dänischen Physiker Valdemar Poulsen (1869-1942) erfunden: als Tonträger verwendete er Stahldraht, der an einem Elektromagneten vorbeilief. Die Qualität solcher Aufnahmen war unbefriedigend, doch das mit Eisen- oder Eisenoxidpulver beschichtete Kunststoffband brachte der Durchbruch: es wurde 1934 an der Funkausstellung in Berlin vorgeführt. Nach dem Zweiten Weltkrieg ging man zu immer dünneren Bändern aus Polyester über, dem Eisenoxidpulver wurden auch Cobalt- und Chromoxid

zugegeben. Videoband ist auf dieselbe Weise aufgebaut, es ist aber breiter (12,7 mm versus 3,81 mm bei der Audiokassette).

CD und CD-ROM

Philips stellte 1972 ein neuartiges Prinzip der digitalen Speicherung von Information vor. Dazu dienen mikroskopische, auf einer Kunststoffplatte spiralförmig angeordnete Vertiefungen. Das Ablesen erfolgt mit einem fein fokussierten Laserstrahl. Als Folge von Einsen und Nullen geht das Signal an die zugehörige Decodier- und Verstärkungselektronik. Man benötigt einen stärkeren Laser, um digitale Information auf die Originalplatte einzubrennen, von der wie bei einer gewöhnlichen Schallplatte ein metallischer Abdruck genommen wird. Dieser dient zum Prägen einer beliebigen Zahl von Kopien.

Die nach diesem Prinzip funktionierende CD verdrängte Anfang der 80er Jahre die klassische Langspielplatte. Die damit eng verwandte CD-ROM hat sich seit 1992 zum universellen Speichermedium für Multimedia-Information im Computer durchgesetzt. Dank ihrer enormen Speicherkapazität von 650 Megabytes kann sie Hunderte von Bildern oder gut 200 000 Seiten Text speichern, mit oder ohne begleitenden Stereoton. Die nächste CD-ROM Generation wird eine noch fast zehnmal höhere Speicherkapazität aufweisen, d.h. 6 Gygabyte. CD und CD-ROM speichern Information auf digitale Weise, als Folgen von binären Zahlen. Beim Abspielen muß nur zwischen den beiden Signalzuständen 0 oder 1 unterschieden werden: auch nach starker Dämpfung oder Verzerrung kann das Originalsignal perfekt rekonstruiert werden, ohne Rauschen und Verzerrungen.

Totale mobile Kommunikation

In der Zwischenkriegszeit entwickelte sich der mobile Sprechfunk: solche Anlagen fanden bereits in einem gewöhnlichen Auto Platz, sie wurden sowohl für militärische als auch für zivile Dienste entwickelt, insbesondere für Polizei, Grenzschutz, Sanität und Feuerwehr. Man konnte im Duplexbetrieb wie am Telefon mit der festen Station sprechen und sich sogar ins Telefonnetz einschalten lassen. Im Zweiten Weltkrieg imponierten amerikanische Infanteristen mit ihren „Walkie-talkies“, d.h. mobile Sprechfunkstationen, die wie ein schlanker Tornister auf dem Rücken getragen wurden. Mit dem Transistor und der integrierten Schaltung wurde es möglich, komplette Sender und Empfänger in einem Volumen von wenigen Kubikzentimetern unterzubringen. Walkie-talkies in der Größe eines Telefonhörers erschienen in den 80er Jahren, bald folgten die „schnurlosen“ Telefone, die über einen winzigen UKW-Sender mit der Basisstation Sprachsignale austauschten

Dank der weiteren Miniaturisierung der Elektronik konnte Anfang der 90er Jahre eine komplette, digitale Mobilfunkanlage mit Duplexbetrieb im Volumen eines niedlichen Telefonhörers untergebracht werden: das Handy war geboren. Zudem überzog sich die Welt mit einem immer dichter werdenden Netz von Antennen, die mit dem Telefon-Festnetz verbunden sind und mit denen das Handy kommuniziert. Der Wunschtraum der ständigen, weltweiten Erreichbarkeit ist in Erfüllung gegangen.

Nun gewährleistet der Zugang zum Telefonnetz auch den Zugang zum Internet, dem ständig wachsenden, weltweiten Verbund von Computern. Es ist nur noch eine Frage der Zeit, bis übers Internet der Inhalt aller denkbaren Printmedien, Bücher, „Musikkonserven“ sowie Filme und Videos abgerufen werden können. Damit dies vom Handy aus möglich wird, muß es mit einem größeren Farbbildschirm und einer kompletten Tastatur (oder zumindest mit einem Menüfeld) ausgerüstet werden, nebst der erforderlichen Computerelektronik. Dies ist das Handy der UMTS-

Generation. Die nächste Prozessgeneration wird Tasten und Menüsteuerung überflüssig machen, man kann dann mit dem Handy sprechen

Die neuen, Internet-kompatiblen Handys haben natürlich auch Zugang zu einem der besonders nützlichen Dienste des Internet: E-Mail, der weltweite, individuell adressierte, mit Lichtgeschwindigkeit funktionierende Briefverkehr. Er ist viel billiger als der Fax und ermöglicht nicht nur die Übermittlung von Text, sondern auch von multimedialen Dokumenten jedwelcher Art. Die totale, mobile Kommunikation ist zwar schon da, sie wird aber in Zukunft noch viel besser.