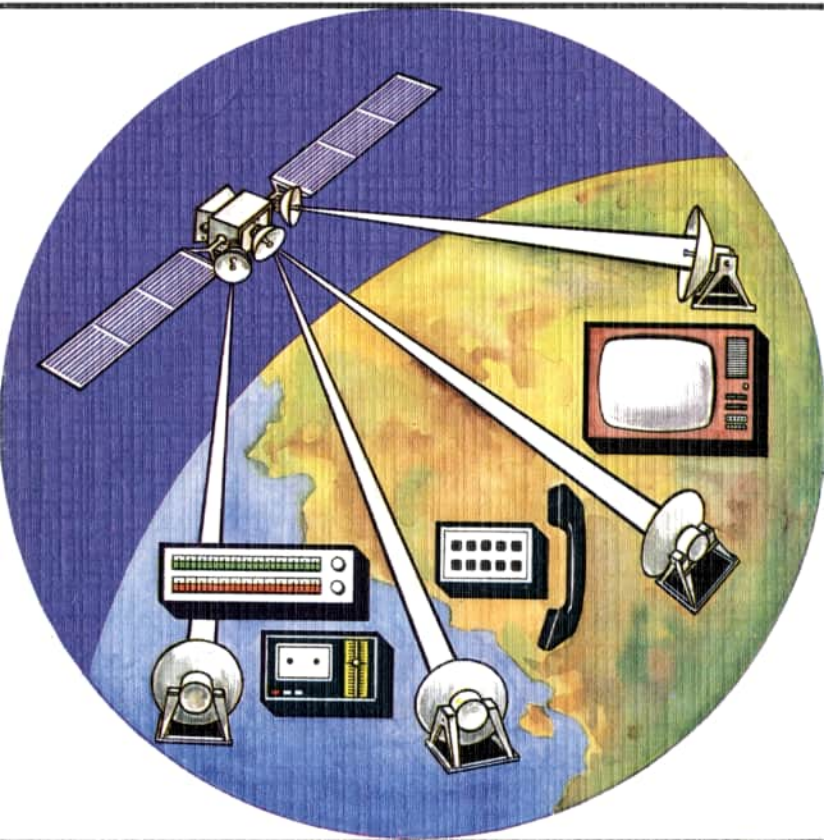


akzent

Walter Conrad

Kommunikation 2000





Walter Conrad

Kommunikation 2000

Urania-Verlag Leipzig · Jena · Berlin

Autor: Walter Conrad, Eisenach
Zeichnungen: Karl-Heinz Barnekow, Leipzig



1. Auflage 1983

1.–30. Tausend. Alle Rechte vorbehalten

© Urania-Verlag Leipzig/Jena/Berlin

Verlag für populärwissenschaftliche Literatur, Leipzig, 1983

VLN 212-475/60/83. LSV 3009/00450

Lektor: Ewald Oetzel

Umschlagreihenentwurf: Helmut Selle

Typographie: Julia Strube

Fotos: Prof. Dr. sc. nat. H.-J. Fischer (94), H. Ludewig (64),

ADN-ZB Berlin (103), ITU Genf (8, 106), Rundfunk- und Fern-

sehtechnisches Zentralamt Berlin-Adlershof (95), VEB Verlag

Technik, Berlin (68), Siemens-Pressedienst (19), Archiv des

Autors (87), Archiv des Verlages (93)

Printed in the German Democratic Republic

Reproduktion, Satz und buchbinderische Verarbeitung:

INTERDRUCK Graphischer Großbetrieb Leipzig,

Betrieb der ausgezeichneten Qualitätsarbeit – III/18/97

Druck: Druckhaus Karl-Marx-Stadt III/6/15

Betrieb der ausgezeichneten Qualitätsarbeit,

Träger des Ordens „Banner der Arbeit“

Best.-Nr. 6538279

Inhalt

Netz mit unterschiedlichen Maschen 7

Hundertjähriger mit Zukunft 12

Der Fernsprecher kann mehr leisten 12

Relais, Mikroprozessoren, Mikrorechner 15

Faksimile – Bildschirm – Videotelefon 18

Nachrichten auf mannigfachen Wegen 22

Was aus der »Strippe« wurde 22

Nachrichten – scheibchenweise übertragen 29

Glas statt Kupfer 36

Zwischen Dezimeterwellen und Laserlicht 42

Programme und Informationen für den Wohnbereich 50

Eine Antenne – 100000 Empfänger 50

Kabelfernsehsysteme 56

Lücken werden nicht mehr verschenkt 59

Und übermorgen das Heiminformationszentrum? 63

Nachrichtensatelliten: 1945 Utopie 72

»Wireless World« – Oktober 1945 72

Synchrone Satelliten in Spitzenposition 76

Relaisstation im Kosmos 79

... und Erdefunkstelle am Boden 85

Nachrichtensatelliten:

1985 Selbstverständlichkeit 90

Von der Linie zum Netz 90

Klangvolle Namen – mannigfache Aufgaben 99

Auf dem Wege zu Rundfunksatelliten 108

Unterwegs – zu Wasser, in der Luft, auf dem Lande 118

Netz mit unterschiedlichen Maschen

»Nach sorgfältiger Prüfung Ihrer Erfindung sind wir zu dem Schluß gekommen, daß sie zwar eine interessante Neuigkeit darstellt, daß es jedoch keinerlei praktische Anwendung für sie gibt.« Absender dieser Fehleinschätzung war der finanzgewaltige J. P. Morgan, Adressat A. G. Bell, einer der Erfinder des Telefons ...

Heute, rund 100 Jahre später, gibt es auf der Welt eine halbe Milliarde Fernsprechanlüsse – wenn man nur die Hauptanschlüsse in öffentlichen Fernsprechnetzen zählt. Um die Jahrtausendwende dürfte die Milliarden-grenze überschritten sein. Ein schwieriges Unterfangen wäre es auch, alle Fernseh- und Hörrundfunksender aufzuzählen. Ihre Liste wäre Zehntausende Zeilen lang – selbst dann noch, wenn Fernsehhilfsstationen und sogenannte Lückenfüllsender unberücksichtigt blieben.

Die Anzahl der Sender für andere Aufgaben – vom Schiffs- und Flugfunk bis zu Handfunksprechgeräten auf Baustellen usw., von Stationen der Streitkräfte bis zu Not-sendern, vom Taxifunk bis zu Anlagen der Behörden, bis zu automatischen Wetterstationen und -bojen, Amateur-funkstationen und vielen anderen – ist kaum noch fest-stellbar. Allein über 80 000 seegehende Schiffe haben Funkanlagen an Bord. In den vergangenen zwei Jahr-zehnten wuchs die Anzahl der Nachrichtensatelliten be-reits so stark an, daß internationale Gremien beauftragt werden mußten, einem künftigen Gedränge durch bin-dende Vereinbarungen vorzubeugen.

Freileitungen, Kabel, Funklinien, Richtfunkstrecken, Nachrichtensatelliten – ein Netz von Nachrichtenverbin-dungen umspannt unseren Planeten.



So begann es: Verlegung einer Freileitung in der »guten, alten Zeit«

Wo die »Schnellpost« vor 100 Jahren viele Tage bis zum Ziel benötigte, genügt heute ein Griff zum Fernsprecher. Wichtige Ereignisse können wir nahezu im Augenblick ihres Geschehens an Bildschirm und Lautsprecher verfolgen. Wo sind da die Rekorde der Kurierstafetten, der Brieftauben und der optischen Telegrafie geblieben?

Die Läufer der Inkas brauchten im Stafettensystem für 500 km unter Hochgebirgsbedingungen etwa 48 Stunden. Stafetten berittener Boten legten um 550 v. u. Z. in Kleinasien in sechs bis acht Tagen rund 2 500 km zurück, und ein optischer Telegraf benötigte für die Übertragung eines Zeichens über die 400-km-Strecke von Paris bis Strasbourg in der zweiten Hälfte des vorigen Jahrhunderts ganze sechs Minuten.

So unmittelbar wir heutzutage über Geschehnisse informiert werden, die Tausende Kilometer von uns entfernt sich abspielen – mit der Nachrichtentechnik macht man aber dennoch nicht immer nur gute Erfahrungen. Nicht einmal die Fernsprechverbindung um die nächste Straßenecke funktioniert stets auf Anhieb. Das Besetztzeichen ertönt, noch bevor wir beim Wählen bis zu unserem Partner durchgedrungen sind; manches laufende Gespräch bricht plötzlich zusammen; nicht jedes Ferngespräch »kommt durch«.

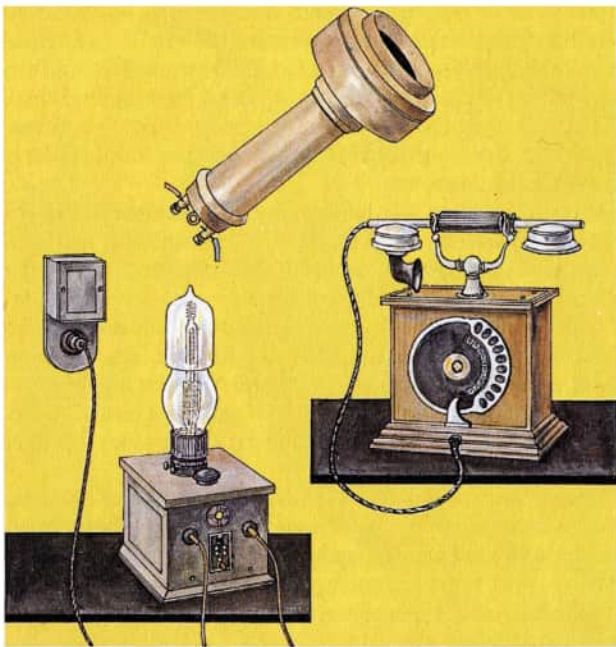
Auch Fernsehen und Rundfunk haben ihre Tücken. Selbst in Staaten mit ausgebautem Sendernetz ist nicht an jedem Ort gleichmäßig guter Fernsehempfang möglich. Mittel- und Kurzwellenempfang sind häufig so gestört, daß man sich nahezu ausschließlich dem zwar nur verhältnismäßig geringe Entfernungen überbrückenden, dafür aber hochwertigen UKW-Empfang zuwendet.

Schiffsfunker mühen sich häufig noch immer stundenlang, ehe eine stabile Kurzwellenfernverbindung zustande kommt.

Entscheidende Verbesserungen sind nicht allein wünschenswert, sondern unbedingt nötig. Nur Nachrichtenverbindungen, auf die wirklich Verlaß ist, erfüllen ihren Zweck.

Die Maschen des Weltfernmeldenetzes sind unterschiedlich dicht geknüpft. In manchen Gebieten sind sie noch so weit, daß sie eher Löchern gleichen.

Nachholebedarf besteht jedoch auch in Gebieten dichter Nachrichtenmaschen. Die ökonomischen, technischen, gesellschaftlichen und persönlichen Beziehungen zwischen Menschen und Betrieben, Institutionen und Staaten sind enger und vielfältiger geworden. Ihr Bestehen und ihr Ausbau setzen einen immer umfangreicheren



Veteranen: Bells Telefon, einer der ersten Fernsprecher für Selbstwählbetrieb und einer der ersten Fernsprechverstärker

reibunglosen Informationsaustausch voraus, gleich, ob er in Gestalt von Fernschreiben, Radioprogrammen, Ferngesprächen, Computerdaten oder wie auch immer vor sich geht. Dieser Bedarf kann gegenwärtig noch nicht überall befriedigend gedeckt werden (lange Wartezeiten bis zum Installieren eines Fernsprechanschlusses z. B. sind fast ein Weltübel); er steigt weiter und rascher und wird bis zum Jahre 2000 und vor allem danach einen Umfang annehmen, den abzuschätzen heute selbst Fachleuten schwerfällt.

Wie aber kann man Nachrichtennetze verdichten und stabiler gestalten, wie sie durchlässiger machen, um sie den wachsenden Ansprüchen anzupassen? Diese Fragen

bewegen Fachleute – und nicht nur sie – in aller Welt; sie dürfen dabei nicht nur an heute, sondern müssen vor allem an morgen und übermorgen denken.

Welche ungenutzten Reserven gibt es in Nachrichtensystemen? Welche Möglichkeiten, sie effektiver zu nutzen, bietet die Technik an? Welche neuen Wege, von der Forschung erkundet, scheinen aussichtsreich für eine rasche Umsetzung in die Praxis?

Viele Antworten wurden bereits gefunden, weitere bahnen sich an.

Hundertjähriger mit Zukunft

Der Fernsprecher kann mehr leisten

Fernsprechnetze, seit einem reichlichen Menschenalter betrieben, erweitert und verbessert, zählen zu den frühesten und bedeutendsten Beispielen schrittweise standardisierter und automatisierter Technik.

Zunächst stützte sich die Fernsprechtechnik ausschließlich auf elektrische, magnetische und elektromagnetische Bauelemente. Der Elektronik, anfänglich nur durch die Verstärkerröhre repräsentiert, kam vor allem eine Hilfsfunktion für Fernverbindungen zu.

In jüngster Zeit verschieben sich vor allem durch die zuverlässige, energie- und raumsparende, durch hohe Arbeitsgeschwindigkeit ausgezeichnete Mikroelektronik die Proportionen. Der Fernsprecher ist auf dem Wege vom »elektrischen« zum »elektronischen« Telefon.

Mit seiner Hilfe soll Sprache gut verständlich und auf jede Entfernung übertragen werden. Wir wissen, daß hierbei Wünsche offenbleiben. Manchmal ist die Wiedergabe zu leise, häufig wird sie durch Störgeräusche beeinträchtigt; stets jedoch hat sie den charakteristischen Telefonklang.

Seine Ursache ist vor allem das seit einem guten Jahrhundert bewährte Kohlemikrofon. Als einfaches, billiges und robustes Bauelement liefert es bei der Umwandlung von Schallschwingungen in elektrische Signale relativ große Spannungen. Der für die Wiedergabequalität maßgebende Frequenzumfang ist jedoch gering.

Fernsprechmikrofone, die nach den gleichen Prinzipien wie hochwertige Ausführungen der Elektroakustik

konstruiert sind, kennt man schon seit langem. Doch ihre Signale sind so schwach, daß sie bereits im Fernsprecher vorverstärkt werden müssen. Mit Elektronenröhren war eine solche Verstärkung nicht möglich, es sei denn, man wäre bereit gewesen, Schaltung, Stromversorgung und äußere Abmessungen der Fernsprechapparate grundlegend zu verändern.

Halbleiter- und Mikroelektronik ermöglichen es schließlich, ein hochwertiges Mikrofon samt Vorverstärker in der Kapsel des herkömmlichen Kohlemikrofons unterzubringen. Will man einen Fernsprecher dementsprechend nachrüsten, ist im wesentlichen nur ein Austausch der alten gegen die neue Mikrofonkapsel nötig.

Beim »lautsprechenden« Telefon hören wir die Stimme unseres Gesprächspartners aus einem (selbstverständlich abschaltbaren) Lautsprecher. Häufig ist zusätzlich ein Mikrofon vorgesehen, und wir brauchen den Handapparat überhaupt nicht zu benutzen.

Kabel und Verlängerungsschnüre, ohne die wir bisher nicht auskommen, mit deren Hilfe wir den Fernsprecher »beweglich« machen, sind, wie jeder weiß, oft hinderlich. Man kann auf sie verzichten. Fernsprecher und zugehöriger Handapparat stehen miteinander in drahtloser Verbindung. Von mehreren im Raum verteilten Wandlern werden die ankommenden und die vom Mikrofon stammenden Signale in den Infrarotbereich umgesetzt, ähnlich wie bei der Fernbedienung eines Fernsehempfängers. Der Handapparat enthält ebenfalls einen Infrarotsender und -empfänger. Man kann so von jeder Stelle des Raumes aus hören und sprechen. Im Gegensatz zum lautsprechenden Telefon stören Raumgeräusche nicht. Unerwünschtes Mithören ist ausgeschlossen.

Wir alle kennen Fernsprecher, bei denen an die Stelle der Nummernscheibe ein Tastensatz getreten ist. Die Rufnummer unseres Partners wird nicht mehr gedreht, sondern gedrückt. Jeder Taste ist eine Ziffer zugeordnet. Drücken wir sie, werden nicht wie beim Wählen mit dem altbekannten Nummernschalter Gruppen von Wählimpulsen zur Vermittlung gesendet, sondern den Ziffern zugeordnete Tonkombinationen. Die Zeiten für das Wählen werden abgekürzt.

Die meisten Vermittlungen sind allerdings noch nicht für steuernde Tonfrequenzen, sondern auf Steuerimpulse eingerichtet. Man muß trotzdem nicht auf Tasten verzichten: Beim Drücken einer Zifferntaste wird ein Kodezeichen erzeugt und gespeichert. Die der Rufnummer entsprechenden Kodezeichen werden dann als Impulsfolge selbsttätig zur Zentrale gesendet. Das erledigen wenige integrierte Schaltkreise.

Rufnummern werden, bedingt durch die steigende Zahl der Fernsprechteilnehmer und durch den Selbstwählfernverkehr, immer länger. Das Wählen kostet Zeit, mitunter verwählen wir uns, obgleich es häufig die gleichen Partner sind, mit denen wir in Verbindung treten wollen.

Automatische Nummerngeber übernehmen den größten Teil des Wählvorganges. Häufig benötigte (lange) Rufnummern werden ihnen einmal eingegeben und in einem elektronischen Speicher festgehalten. Auf diese Weise lassen sich bis zu 100 Rufnummern »notieren« und selbstredend auch wieder löschen, wenn sie eines Tages durch andere ersetzt werden sollen.

Zur Teilnehmerwahl tasten wir lediglich eine zweistellige Kennziffer ein. Der Nummerngeber wertet sie aus und sendet selbsttätig die der langen Rufnummer entsprechenden Impulsgruppen. Nicht einmal den Handapparat müssen wir aufnehmen; denn über einen kleinen Lautsprecher im Nummerngeber hören wir das Rufzeichen, bis sich der Partner meldet. Dann erst greifen wir zum Handapparat. 30 Sekunden lang ruft der Nummerngeber. Kommt während dieser Zeit keine Verbindung zustande, wiederholt er den Ruf nach einer Minute Wartezeit: Komfort, der nicht nur Zeitersparnis für uns bedeutet, sondern auch dazu beiträgt, die Verbindungswege nicht unnütz zu belegen (z. B. wenn wir falsch wählen und wieder von vorn anfangen).

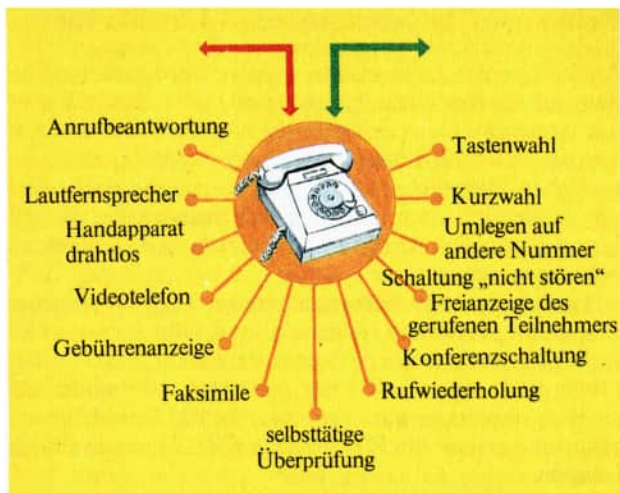
Relais, Mikroprozessoren, Mikrorechner

Zweiter großer Systempartner jeder Fernsprechverbindung ist die Vermittlung, das »Amt«, die Zentrale oder wie immer wir ihn nennen. Dieser Partner ruft den von uns gewünschten Teilnehmer an den Apparat, zählt die geführten Gespräche, stellt sie in Rechnung und bietet uns schließlich auch noch Sonderleistungen an, die mit fortschreitender Technik nach Quantität und Qualität zunehmen werden.

Typisch für eine Fernsprechvermittlung vergangener Jahrzehnte waren die klickenden und schnarrenden Geräusche Hunderter und Tausender Relais und Wähler. Moderne Anlagen sind leiser geworden, allermodernste arbeiten nahezu geräuschlos. Auch in die Vermittlungen zieht schrittweise die Elektronik ein. Das hat gewichtige Gründe.

So sehr und so lange sich elektromagnetische Bauelemente und ihre Schaltungstechnik bewährten, den steigenden Ansprüchen von heute und vor allem den künftig zu erwartenden genügen sie nicht mehr. In jedem Relais und jedem Wähler gibt es eine mehr oder weniger große Anzahl federnder, mechanisch betätigter Kontakte. Kontakte aber sind anfällig gegen Verschmutzung, Oxydation, Materialermüdung und bieten Anlaß zu mancherlei Störungen. Mehr als 10 bis 100 Millionen Schaltspiele halten sie nicht aus. Beim Zusammenwirken zahlreicher Bauelemente – in der Fernsprechtechnik ist das stets der Fall – befriedigt die Geschwindigkeit der Schaltspiele oft nicht, obwohl die Dauer eines Schaltvorganges nur nach Millisekunden zählt.

Elektronische Bauelemente und Schaltkreise arbeiten rund tausendfach schneller, sind kleiner und weit zuverlässiger. Der Wartungsaufwand ist denkbar gering. Außerdem ermöglicht die Elektronik, vor allem in Gestalt der Mikroelektronik, Erfahrungen und Prinzipien der Datenverarbeitungs- und Computertechnik auf das Fernsprechen zu übertragen und dadurch nicht nur die Verbindungen besser werden zu lassen, sondern auch die vom Fernsprecher angebotenen Dienstleistungen zu erweitern.



»Nur« Orts- und Ferngespräche? Der Fernsprecher bietet zahlreiche weitere Möglichkeiten an...

Warum sind dann nicht längst die meisten Fernsprechsysteme auf Elektronik umgestellt?

Sehen wir einmal davon ab, daß aus ökonomischen und technischen Erwägungen ein komplexes technisches System selten so schnell umzustellen ist, wie es wünschenswert wäre (stets müssen »alt« und »neu« für eine Weile neben- und miteinander arbeiten), so gibt es auch noch Eigenschaften elektronischer Bauelemente, die den Fernsprechtechnikern wenig zusagen.

Elektronische Schaltbauelemente haben im Gegensatz zu herkömmlichen im Zustand »ein« noch einen nicht vernachlässigbaren elektrischen Widerstand, während umgekehrt ihr Widerstand in Stellung »aus« nicht unendlich groß ist. Außerdem sind Halbleiterbauelemente temperaturempfindlicher als Bauelemente mit mechanisch bewegten Kontakten. Die elektrische Kapazität elektronischer Bauelemente erhöht die Gefahr des sogenannten Nebensprechens, das sich z. B. darin ausdrückt, daß uns beim Telefonieren weitere Gespräche im Hintergrund stören.

Diese Mängel treten besonders bei der Durchschaltung der Sprechwege für die eigentliche Gesprächsführung in Erscheinung. Bis heute gibt es kein in großen Serien herstellbares elektronisches Bauelement, das alle Forderungen auf diesem Teilgebiet erfüllt.

International herrscht daher die Tendenz vor, zur Herstellung der Sprechwege vorerst weiterhin elektromagnetische Schaltelemente (inzwischen vervollkommenet, z. B. durch Einbringen der empfindlichen Kontakte in eine Schutzgasatmosphäre, Senkung der Schaltzeiten) zu benutzen, die zum Verbindungsaufbau notwendigen Steuervorgänge aber elektronisch zu realisieren. Die Proportionen dieser Trennung jedoch verschieben sich schrittweise immer weiter zugunsten der Elektronik.

Hauptursachen dafür sind: Elektronische Steuerung ermöglicht effektivere Ausnutzung und erhöhte Stabilität der Sprechwege sowie verbesserte und erweiterte, oft neue Steuerungsmöglichkeiten. Dabei nimmt man immer wieder Anleihen bei der elektronischen Datenverarbeitung, die für Steueraufgaben in der Fernsprechtechnik Mikroprozessoren und Mikrorechner verfügbar machte.

Diese Computer erleichtern es zunächst, von direkter zu indirekter Steuerung überzugehen. Einzelheiten müssen wir uns hier versagen. Angedeutet sei nur, daß bei direkter Steuerung eine Verbindung vom Teilnehmer Schritt für Schritt so aufgebaut wird, wie er Ziffer um Ziffer wählt. Bei indirekter Steuerung hingegen werden zunächst alle vom Teilnehmer kommenden Informationen (Impulse) entgegengenommen und gespeichert. Dann erst und unabhängig von unserem Zutun und unserer Wahlgeschwindigkeit wird die Verbindung hergestellt. Durch dieses Verfahren ergeben sich unter anderem eine bessere Nutzung der Sprechwege und Steuerungseinrichtungen und eine flexiblere Gestaltung des Verbindungsaufbaus.

Der steuernde Mikrorechner kann jedoch weit mehr leisten. Ist ein Sprechweg zu unserem Partner unterbrochen oder belegt, sucht er selbsttätig einen anderen. Daß er die Gebührenerfassung erledigt, Unterlagen für die Fernsprechnung aufstellt, versteht sich fast von selbst. Zugleich kann der Rechner auch statistische Aufgaben übernehmen, wie etwa das Registrieren und Auswerten der Be-

legung von Sprechwegen an bestimmten Tageszeiten, Tagen und in verschiedene Richtungen (eine wichtige Grundlage für die Planung von Fernsprechnetzen). Er ist sogar in der Lage, die Verbindungen zu den Teilnehmern selbsttätig periodisch zu überprüfen und gegebenenfalls Störmeldungen zu geben.

Fernsprechteilnehmern wird künftig ein mannigfach erweiterter Service angeboten. Wir können z. B. ankommende Gespräche auf eine andere Nummer umlegen lassen, solange wir unter unserer Rufnummer nicht zu erreichen sind, können mit anderen Teilnehmern Konferenzschaltungen herstellen und so manche Besprechung oder Dienstreise sparen. Wir können einen Teilnehmer, der ein Gespräch zu sehr ausdehnt, durch einen bei ihm ertönenden Summton oder durch ein Lämpchen darauf aufmerksam machen, daß auch wir »drankommen« möchten, oder umgekehrt ein Zeichen erbitten, das uns signalisiert, wenn der vergebens gerufene Teilnehmer wieder frei ist.

Sogar jenen, die nicht durch unnütze Anrufe gestört werden möchten, bietet die Anlage eine Lösung an. Drücken wir die zugehörige Taste am Fernsprecher, erhält jeder Anrufer zunächst ein Bitte-nicht-stören-Zeichen. Er legt auf. Hält er seinen Anruf aber für dringend, trennt er die Verbindung nicht. Nach 30 oder 40 Sekunden wird daraufhin das Gespräch selbsttätig zu uns durchgeschaltet. Die Entscheidung, ob der Anruf nun wirklich dringend war, können wir allerdings erst hinterher treffen . . .

Faksimile – Bildschirm – Videotelefon

Die Bildtelegrafie hat Tradition. Bald nach der Jahrhundertwende wurde sie eingeführt. Sie hat sich seitdem auf dem Draht- und dem Funkwege bewährt.

Bereits nach den ersten geglückten Bildtelegrafieversuchen kam der Wunsch auf, das ohnehin vorhandene Leitungsnetz auch zur Übertragung bildlicher oder schriftlicher Informationen zwischen Fernsprechteilnehmern heranzuziehen. Er wurde längst verwirklicht.

Bildtelegrafiegeräte sind heute im allgemeinen so eingerichtet, daß sie auch über Fernsprechleitungen betrie-



Sende/Empfangsgerät für Fernkopien. Der Empfangsbetrieb läuft vollautomatisch ab, auch bei unbesetzter Empfangsanlage.

ben werden können. Noch einfacher in Ausführung und Bedienung sind Faksimilegeräte. Im Gegensatz zur Halbton- und Grautonwiedergabe von Bildtelegrafen übertragen sie nur Strichdarstellungen, wie Diagramme, technische Zeichnungen usw. Das genügt jedoch für die Mehrzahl der praktischen Zwecke. Faksimilegeräte für Anschluß an Fernsprechnetze stehen als Sende/Empfangsgeräte oder als Empfänger zur Verfügung.



Seit Jahrzehnten umstritten: das Videotelefon

Zur Übertragung wird auf der Senderseite der Brief, das Dokument oder die Zeichnung in das Gerät eingelegt, die Telefonnummer des Faksimileadressaten gewählt und so die Verbindung hergestellt. Alles weitere läuft automatisch ab. Auf der Senderseite wird die Vorlage fotoelektronisch zeilenweise abgetastet und in eine Folge elektrischer Signale umgewandelt. Sie steuern das Empfangsgerät der Gegenstelle. Es zeichnet mit Hilfe eines Tintenschreibers synchron mit dem Abtasten beim Sender eine exakte Kopie der Vorlage. Nach Ende der Übertragung (sie dauert für eine A-4-Seite wenige Minuten) schalten sich Sender und Empfänger selbsttätig ab.

Die Vorzüge dieses Verfahrens liegen auf der Hand. Die Zeit für den Postweg entfällt. Das Original der Vorlage verbleibt dem Absender. Die Übertragung kann auch bei unbesetzter Empfangsstelle erfolgen, etwa während der verkehrsschwachen und tarifgünstigen Nachtstunden.

Ein weiteres Verfahren der Bildübertragung über Fernsprechleitungen wird seit über vier Jahrzehnten diskutiert und erprobt. Schon damals nämlich experimentierte man mit dem Bildtelefon, Videotelefon, Bildfernsprecher. Unter hohem Aufwand wurden einige wenige Fernsprechverbindungen eingerichtet, deren Partner einander wäh-

rend ihres Gesprächs auf einem Bildschirm sehen konnten.

Auch heute existieren Videotelefone. Größere Verbreitung erlangten sie nicht. Der Streit um das Für oder Wider ist noch immer nicht entschieden. »Nutzlose Spielerei« sagen die einen, »wertvolle Ergänzung« die anderen.

Manches von dem, was man als Vorzug des Bildfernsprechers ansah, z. B. das Vorzeigen von optischen Darstellungen, leistet ein Faksimilegerät einfacher und obendrein besser. Ob der Fernsprechteilnehmer, zu irgendeiner Stunde angerufen, es für wünschenswert hielte, auch gesehen zu werden, bleibt fraglich – bekannt ist, daß die Mehrzahl weiblicher Fernsprechteilnehmer Bedenken anmeldete...

Vorbehalte haben vor allem aber Nachrichtentechniker. Ein Videotelefon zur Übertragung hochwertiger Bilder erfordert ein Frequenzband, in dem sich 250 und mehr normale Ferngespräche unterbringen ließen. Den Luxus, sie für nur einen optischen Kontakt zwischen Adam und Eva zu »opfern«, kann man sich gegenwärtig nicht leisten.

Nachrichten auf mannigfachen Wegen

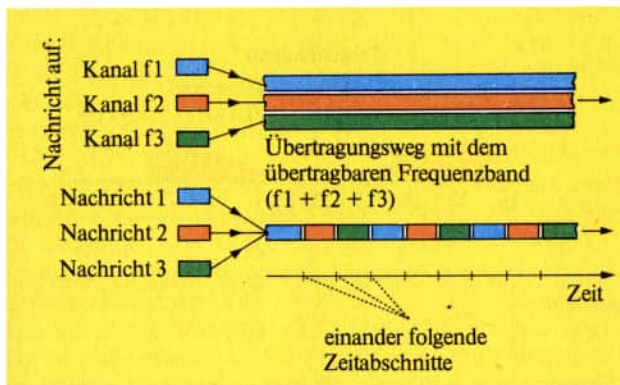
Was aus der »Strippe« wurde

Der beste Computer und das komfortabelste Telefon nützen wenig, wenn nicht genügend Verbindungswege und auf ihnen genügend Nachrichtenkanäle vorhanden sind. Sie werden auch für andere Aufgaben benötigt: für die Datenübertragung, für Fernschreiben, für die Weiterleitung von Rundfunkprogrammen, für die Meßwertübermittlung usw. Bestehende Wege besser auszunutzen, sie zu verbreitern, neue Wege zu erschließen – das zählt zu den vordringlichsten Aufgaben der Nachrichtentechnik.

Erste Überlegungen dazu stammen aus der Anfangszeit der Telegrafen- und Fernsprechleitungen. Ursachen waren das rasch wachsende Bedürfnis nach Nachrichtenverbindungen und der hohe Materialaufwand für die Leitungen. Je Kilometer der verbreiteten 4-mm-Leitungen benötigte man über 100 kg Kupfer!

Zwar konnte man durch Schaltungskunstgriffe beispielsweise drei Gespräche über ursprünglich für nur zwei Gespräche vorgesehene Leitungen führen, doch war dies lediglich der berühmte Tropfen auf den heißen Stein.

Später gelang es, für Fernverbindungen Kabel mit über 150, für Nahverbindungen mit mehr als 1 000 Gesprächsadern verfügbar zu machen. Allerdings stieß man auch hier auf Grenzen. Trotz erheblich verringerten Leiterdurchmessern (auf Werte um 1 mm und darunter) blieb der Materialaufwand an Kupfer, Isoliermaterial und nicht zuletzt an Werkstoffen, die das Kabel im Erdreich oder unter Wasser schützten, sehr erheblich. Auch gelang es nicht, die gegenseitige Beeinflussung der Leiter völlig



Frequenzmultiplex- (oben) und Zeitmultiplexübertragung (darunter). Nachrichten werden über einen Weg frequenzmäßig oder zeitmäßig gestaffelt.

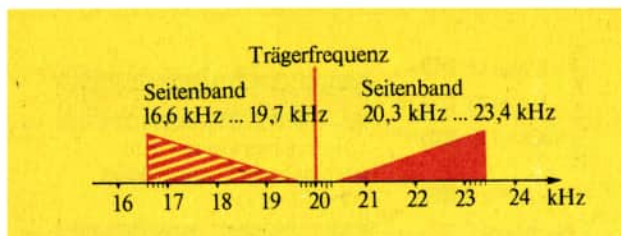
zu beseitigen. Man mußte sich mit Übersprechen und zahlreichen Störgeräuschen herumschlagen.

Ein grundsätzlicher Wandel wurde möglich, als man mehr über die Gesetzmäßigkeiten der Nachrichtenübertragung wußte und durch die Elektronik Voraussetzungen geschaffen waren, dieses Wissen technisch zu nutzen.

Zwei völlig unterschiedliche Verfahren (jedes mit zahlreichen Varianten) bildeten sich aus und bestimmen heute das gesamte Gebiet der Nachrichtentechnik.

Betrachten wir zunächst die gegenwärtig vorherrschende *Frequenzmultiplexübertragung*. Sie entspricht einer vielspurigen Autobahn, auf deren Spuren sich Fahrzeuge unabhängig voneinander bewegen, allerdings nicht von einer zur anderen Spur überwechseln dürfen. Die Frequenzmultiplexübertragung wurde vor allem als *Trägerfrequenztechnik* bekannt und geht von folgenden Überlegungen aus:

Zur befriedigend verständlichen Übertragung eines Telefongesprächs genügt ein Tonfrequenzband von 300 bis 3400 Hz. Der Leitungsweg wird dabei im allgemeinen durch den Transport der zugehörigen elektrischen Signale nur zu einem geringen Teil ausgenutzt. Je nach Aus-



Trägerfrequenz und Seitenbänder bei der Übertragung eines Ferngesprächs

führung kann er Signale mit Frequenzen bis zu Hunderten Kilohertz, ja bis in den Megahertzbereich fortleiten. Ihn für nur ein Gespräch zu nutzen wäre ebenso unrationell, als wenn man auf einer vielspurigen Autobahn den Verkehr nur in einer Spur freigäbe.

Die Trägerfrequenztechnik nutzt sämtliche »Spuren«, und zwar auf folgende Weise: Man unterteilt den von einem Leitungsweg übertragbaren Frequenzbereich in 4 kHz breite, nebeneinanderliegende Kanäle, z. B. von 64 bis 68 kHz, von 68 bis 72 kHz . . , von 108 bis 112 kHz usf. Dann lassen sich in jedem Kanal die für ein Gespräch nötigen 3 100 Hz unterbringen, wobei sogar noch jeweils aus technischen Gründen sehr erwünschte freie Ränder bleiben.

Wie ordnet man die Gespräche in die einzelnen Kanäle ein? Bei der Lösung dieses Problems stand die Funktechnik weitgehend Pate: Auch dort wird jedem Sender – denken wir etwa an den UKW-Bereich – ein bestimmter Kanal zugewiesen. Seine Lage im gesamten Frequenzspektrum wird durch die vom Sender genau einzuhaltende Trägerfrequenz bestimmt. Diese Trägerfrequenz wird im Rhythmus der zu übertragenden Signale beeinflusst, moduliert, und belegt den Kanal. In den Empfängern, die auf die Trägerfrequenz abgestimmt werden, gewinnt man die Signale zurück (Demodulation) und macht sie hör- bzw. sichtbar.

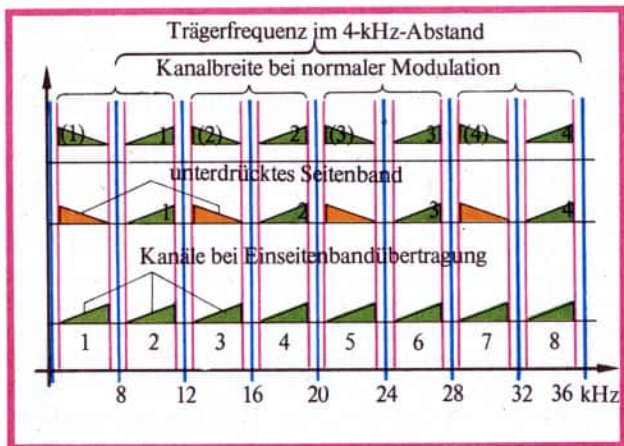
In der Trägerfrequenztechnik erzeugt man eine Reihe von Trägerfrequenzen, deren Abstand international mit

4 kHz festgelegt wurde. Dadurch wird die technische Durchführung erleichtert; denn alle Trägerfrequenzen sind ganzzahlige Vielfache von 4 kHz. Jeder so gewonnenen Trägerfrequenz werden die Tonfrequenzsignale eines Gesprächs aufmoduliert.

Die Modulationsmethode der Trägerfrequenztechnik erfordert einen weiteren Kunstgriff. Moduliert man eine Trägerfrequenz von beispielsweise 100 kHz mit Tonfrequenzsignalen bis zu 4000 Hz, treten neben der Trägerfrequenz *zwei* Seitenbänder auf, das eine von 100 kHz bis 104 kHz, das andere von 100 kHz bis 96 kHz. Fände man sich damit ab, brauchte man für jedes Gespräch einen 8 kHz, nicht einen 4 kHz breiten Kanal. Andererseits ist aus physikalischen Gründen die gesamte zu übertragende Information, also das Gespräch, bereits in *einem* Seitenband enthalten; das zweite ist an sich überflüssig. Nicht einmal die Trägerfrequenz ist an der Informationsübermittlung beteiligt. Man unterdrückt daher durch Filterschaltungen ein Seitenband und läßt auch die Trägerfrequenz für die Übertragung weg (muß sie allerdings am Empfangsort wieder erzeugen und zusetzen). Auf diese Weise kommt man mit 4 kHz breiten Kanälen aus.

Einseitenbandmodulation – so nennt man dieses Verfahren – wird in der Trägerfrequenztechnik stets, beim kommerziellen Funkverkehr häufig angewendet. Für den Hörrundfunk wäre die durch sie mögliche Verdopplung der verfügbaren Kanalzahl ebenfalls sehr wünschenswert; leider aber lassen sich die heute üblichen Rundfunkempfänger nicht für Einseitenbandbetrieb benutzen.

In den Anfangsjahren der Trägerfrequenztechnik dienten normale oder in bestimmter Weise abgeänderte Fernsprechleitungen der zusätzlichen Übertragung von Trägerfrequenzsignalen. Damit ließen sich beispielsweise zwölf Gespräche zusätzlich über eine Fernsprechleitung führen. Für höhere Kanalzahlen, wie sie bald gefordert wurden, reichte der übertragbare Frequenzbereich üblicher Leitungen nicht mehr aus. Das hieß umdenken: Hauptaufgabe der Fernleitungen war nunmehr der Transport trägerfrequenter Signale, übliche Leitungen wurden in speziell entwickelten Trägerfrequenzkabeln nebenbei mitgeführt.



Einseitenbandmodulation verdoppelt die Übertragungskapazität.

Als Trägerfrequenzkabel erlangten vor allem sogenannte Koaxialkabel Bedeutung, weil sie sehr große Kanalzahlen bewältigen können. Sie ähneln im Aufbau den auch zur Verbindung Fernsehantenne/Empfänger oft verwendeten Koaxialleitungen.

Ein zentraler Kupferleiter (2,6 mm bzw. 1,2 mm Durchmesser) ist in seiner ganzen Länge von einem aus Kupferband gewendelten Außenleiter (Durchmesser 9,5 mm bzw. 4,4 mm) umgeben. Abstandsscheiben oder Wendel aus Isoliermaterial zwischen Außen- und Innenleiter halten diesen in der Mittelachse und isolieren beide gegeneinander. Meistens sind in einem Koaxialkabel mehrere solcher Tuben (z. B. 4, aber auch 12) vereint. Eine gemeinsame Schutzhülle umschließt sie.

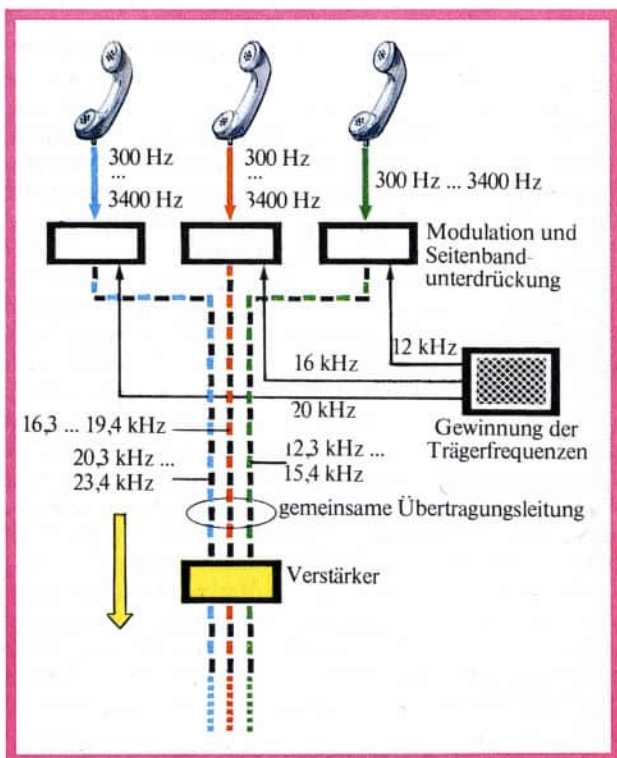
In einer Tube lassen sich bis zu 2700 Kanäle fortleiten. Ein Vier-Tuben-Kabel kann demnach bis zu 10800 Gespräche übertragen. In einer Tube des Weitverkehrssystems »K1920« (»Trasse der Freundschaft« Moskau – Warschau – Prag – Berlin) z. B. werden 1920 Fernsprechanäle übertragen. Wie bei anderen Koaxialkabeln können statt dessen aber auch 300 Fernsprechanäle und durch Zusammenschalten der dabei frei bleibenden

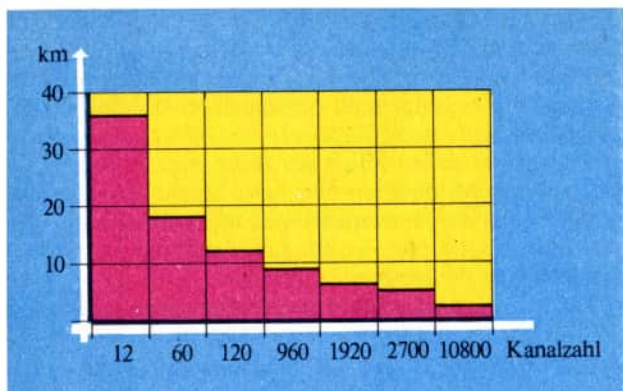
Übertragungswege Hörrundfunkprogramme oder ein Fernsehprogramm fortgeleitet werden.

Eine weitere Erhöhung der Kanalzahl wäre durch die gegenwärtig experimentell untersuchten Hohlleiterkabel möglich. Bei ihnen entfällt der Innenleiter, das Kabel entartet gewissermaßen zu einem Rohr oder Schlauch. In ihm strömen Millimeterwellen beim Signaltransport. Die Kanalzahlen für das Fernsprechen liegen zwischen 50000 und mehr als 100000. Sie könnten damit den Bedarf auf Fernstrecken für längere Zeit decken.

Die technische Ausführung allerdings bereitet Schwierigkeiten.

Prinzip einer Trägerfrequenzübertragung (Senderichtung)





Verstärkerabstände bei verschiedenen Trägerfrequenzsystemen

rigkeiten. Der Kabeldurchmesser muß über die gesamte Länge genauestens eingehalten werden, Stoßstellen, Inhomogenitäten oder auch zu kleine Krümmungsradien müssen vermieden werden, damit die Mikrowellenausbreitung nicht durch ungewollte Reflexionen oder andere störende Einflüsse beeinträchtigt wird. Das hat technologische Probleme zur Folge, die für größere Entfernungen bis heute noch nicht zufriedenstellend und ökonomisch gelöst werden konnten.

Fernsprechsignale erleiden unterwegs Verluste, gleich, nach welchen Verfahren sie übertragen werden. Dies hat die Anfänge des »Fern«sprechens sehr behindert. Für die Entwicklung der Elektronenröhre und damit der Elektronik überhaupt war es jedoch ein wesentliches Stimulans.

Als man elektronische Verstärker in die Leitungen zu schalten begann, erhöhten sich Reichweitengrenzen und Lautstärken sprunghaft. Da die Verluste mit der Streckenlänge wachsen, steigt die Anzahl der notwendigen Verstärker mit der Entfernung. In das erste Transatlantik-Fernsprechkabel (1956) z. B. wurden 70 mit Röhren bestückte Verstärker eingespießt und mit dem Kabel versenkt.

Abstand und damit Anzahl der notwendigen Verstär-

ker hängen jedoch nicht nur von der Entfernung ab, sondern auch von der Breite des übertragbaren Frequenzbandes, d. h. von der Anzahl der Kanäle. Der Verstärkerabstand beträgt z. B. bei zwölf Trägerfrequenzkanälen etwa 36 km, bei 120 Kanälen 13 km; er sinkt bei Kanalzahlen von 1800 und darüber bis auf weniger als 3 km.

Das bedeutet erheblichen technischen Aufwand. Er erhöht sich, weil für eine Gesprächsverbindung jeweils mindestens zwei (4, 6 . . .) Verstärker nötig sind. Jeder Verstärker ist nämlich eine Einbahnstraße, die Signale nur vom Eingang zum Ausgang passieren läßt.

Andererseits wird das *gesamte* Frequenzband von je einem Verstärker verarbeitet; jeder Verstärker verstärkt sämtliche Signale in den Kanälen einer Richtung. Dadurch wird der hohe Aufwand mehr als aufgewogen.

Die Verstärker sind heute transistorisiert oder mit integrierten Schaltkreisen aufgebaut. Noch in Betrieb befindliche Röhrenverstärker werden bald endgültig ausgedient haben. Zur Unterbringung der Verstärker dienen kesselartige Schutzgehäuse, die meistens mit dem Kabel vergraben werden. Die Verstärker eines größeren Streckenabschnitts arbeiten »unbemannt«, ihre Stromversorgung erfolgt häufig von den Kabelenden aus.

Die Verstärker müssen ein Höchstmaß an Zuverlässigkeit aufweisen, denn ein Verstärkerausfall könnte Tausende Nachrichtenverbindungen unterbrechen. Um stabilen Betrieb zu sichern, sind Redundanzschaltungen vorgesehen, die notfalls sofort einspringen. Mit sogenannten Pilottönen, die die gesamte Strecke durchlaufen, werden die Verstärker überwacht und so geregelt, daß unzulässige Verstärkungsschwankungen, unterschiedliche Signalintensitäten usw. selbsttätig ausgeglichen werden.

Nachrichten – scheibchenweise übertragen

Wenden wir uns nun dem zweiten wichtigen Übertragungsverfahren zu. *Zeitmultiplexübertragung* ist dadurch gekennzeichnet, daß Signale mehrerer Nachrichten (z. B. zahlreiche Ferngespräche), abschnittsweise ineinanderge-

schachtelt und *nacheinander*, über einen Übertragungsweg geschickt werden.

Ähneln Frequenzmultiplexübertragung einer vielspurigen Autobahn, so könnte man Zeitmultiplexübertragung mit dem Streckennetz einer Eisenbahn vergleichen, auf deren ein- oder zweispurigen Gleisen, zeitlich ineinandergeschachtelt, zahlreiche Züge verkehren.

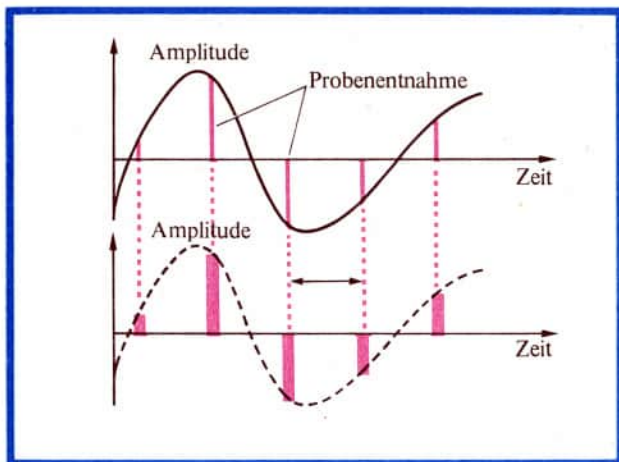
Zum Telegrafieren wird ein solches Verfahren seit vielen Jahrzehnten angewandt. Mehrere Telegrafenapparate am Sende- und Empfangsort werden über synchron arbeitende Schalter abwechselnd über eine Leitung zusammengeschaltet. Auf diese Weise ist es möglich, Lücken zwischen den Telegrafieimpulsen zu füllen und die Leitung voll zu belegen.

Der Leser wird hier ein Problem erkennen: Zwischen den Telegrafiezeichen bestehen Lücken (man denke nur an das Morsealphabet). Wo aber sind solche Lücken bei einem Ferngespräch oder einer Musikübertragung (gewollte Sprechpausen gelten hier nicht als Lücken)? Töne bestehen aus stetigen Schwingungen unterschiedlicher Amplitude und Frequenz – wie kann man sie abschnittsweise übertragen?

Hier hilft das Abtasttheorem. Es besagt, vereinfacht ausgedrückt: Man muß, um eine Schwingung zu übertragen, nicht den gesamten Schwingungszug in allen Einzelheiten übermitteln. Es genügt nämlich, der Schwingung kurze Proben zu entnehmen, die dann zum Empfänger geschickt werden. Dort können aus diesen Proben die ursprünglichen Signale nahezu originalgetreu rekonstruiert werden.

Die Probenentnahme, das Abtasten, können wir uns etwa so vorstellen: In regelmäßigen zeitlichen Abständen wird die augenblickliche Höhe (die Amplitude) der zu übertragenden Schwingungen gemessen. Das Meßergebnis repräsentiert die entnommene Probe.

Die Anzahl der Proben je Sekunde muß nach dem Abtasttheorem mindestens doppelt so groß sein wie die höchste zu übertragende Frequenz. Beim Fernsprechen (300 Hz . . . 3 400 Hz) wären rund 7 000 Proben je Sekunde das Minimum. International haben sich für Fernspreckzwecke jedoch 8 000 Proben je Sekunde durchgesetzt; die

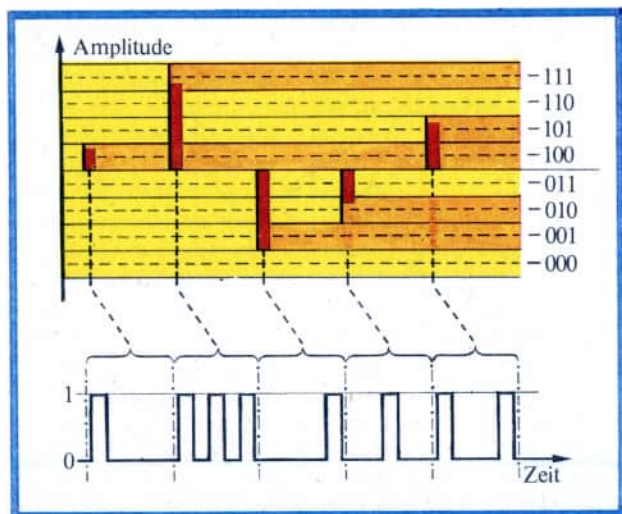


Durch »Probenentnahme« entstehen Impulse unterschiedlicher Höhe (Pulsamplitudenmodulation).

Zeit vom Beginn einer Probe bis zum Beginn der folgenden beträgt also 125 Mikrosekunden.

Die Probenentnahme selbst dauert nur etwa 300 Nanosekunden, zwischen den Proben *eines* Signals bleibt der Übertragungsweg ungenutzt. In diese Lücken kann man – und das ist der entscheidende Kunstgriff der Zeitmultiplexübertragung – Proben weiterer Signale einordnen, wie in der folgenden Abbildung für drei Signale dargestellt. Die zeitgestaffelten Proben werden als elektrische Impulse über *einen* Kanal zum Empfänger transportiert, dort wieder voneinander getrennt und in Schwingungen rückgewandelt.

Es versteht sich, daß Zusammenfügen und Trennen der den einzelnen Nachrichten zugeordneten Impulsgruppen beim Sender und beim Empfänger mit größter zeitlicher Präzision und Übereinstimmung ablaufen müssen, wenn ein Durcheinander der Signale vermieden werden soll. Elektronische Taktgeber- und Synchronisierschaltungen lösen diese Aufgabe ohne große Schwierigkeiten. Man hat Fernsprechsyste me eingesetzt, die nach diesem System arbeiten. Da die Information in den Impulshöhen, den Im-



Die durch Probenentnahme gebildeten Impulse werden in ihrer Höhe gemessen, in Stufen eingeordnet (Quantisierung) und nach dem Binärkode verschlüsselt.

pulsamplituden, steckt, spricht man von Pulsamplitudenmodulation (PAM). Ihre Bedeutung ging allerdings gegenüber einem weit günstigeren Verfahren zurück.

Bei jeder Nachrichtenübertragung tritt zum Nutzsignal (z. B. das Ferngespräch) ein unvermeidbares Störsignal (z. B. Rauschen). In den Verstärkern aber werden Nutzsignale *und* Störsignale verarbeitet. Ihr gegenseitiges Verhältnis wird nicht besser. Im Gegenteil, es verschlechtert sich mit wachsender Streckenlänge und Verstärkerzahl, weil weitere Störsignale hinzukommen.

Die Sprachschwingungen repräsentierenden elektrischen Signale werden unterwegs und in den Verstärkern mehr oder weniger verformt, verzerrt. Ein Absinken der Verständlichkeit ist die Folge. Nur mit erheblichem Aufwand sind solche Verzerrungen wenigstens teilweise zu kompensieren.

Ähnliche Erscheinungen treten auch bei PAM auf. Eine wirkungsvolle Störungsbekämpfung ist kaum mög-

lich; Signale, die im Störsignal untertauchen, sind unwiederbringlich verloren. Störungen und Verzerrungen lassen sich durch Anwendung der *Pulskodemodulation* (PCM) unschädlich machen.

Stellen wir uns vor, eine Nachricht wird durch Signale übertragen, die aus Impulskombinationen *gleicher* Höhe bestehen. Daß dies möglich ist, beweisen alle Telegrafentalphabete (u. a. auch das Morsealphabet). Auch die elektronische Datenverarbeitung verschlüsselt und verarbeitet Informationen als Impulsgruppen gleicher Amplitude.

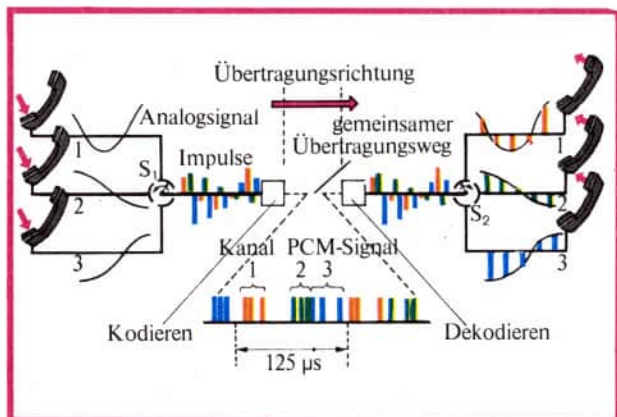
Störungen treten auch bei einer solchen Übertragung auf. Diesmal jedoch kann man sie unwirksam machen. Falls nämlich die Impulse aus dem Störgeräusch ragen, lassen sie sich abtrennen und allein weiterverarbeiten. Am Ausgang der zugehörigen Schaltanordnung steht ein von Störgeräuschen weitgehend befreites und verstärktes Signal zur Verfügung. Störungen, die auf dem Wege zum nächsten Verstärker hinzukommen, werden dort gleichfalls unterdrückt usf.

Die Impulse würden ihr Ziel trotzdem nicht völlig unbeschädigt erreichen. Ihre Ecken und Flanken werden auf dem Übertragungswege abgerundet und abgeschliffen.

Hier zeigt sich der zweite große Vorzug von PCM. Weil die Geräte der Übertragungsstrecke lediglich die beiden Zustände »Impuls vorhanden«/»Impuls nicht vorhanden« unterscheiden müssen, können die Impulse regeneriert werden. Vereinfacht können wir uns vorstellen, daß in sogenannten Regeneratoren die verformten Impulse Baustufen steuern, die die Impulse erneut und in ihrer ursprünglichen Form erzeugen. Die Teilnehmer der Nachrichtenverbindung merken davon nichts.

Wie aber lassen sich Sprache, Musik usw. in Impulsgruppen gleicher Amplitude verschlüsseln? Man geht von den Proben aus, die als Impulse unterschiedlicher Höhe (PAM) vorliegen. Den Höhenwerten werden verschiedene Kodezeichen zugeordnet, die aus Impulsen gleicher Höhe bestehen.

Die Proben können, den Schwingungen entsprechend, unendlich viele Amplitudenwerte annehmen. Sie in Ko-



PCM-System für drei Fernsprechanäle. Die drei Signale werden mit Hilfe synchron arbeitender elektronischer Schalter periodisch abgetastet, quantisiert, kodiert, ineinandergeschachtelt und übertragen. Auf der Empfängerseite laufen diese Vorgänge in umgekehrter Reihenfolge ab.

dezeichen begrenzter Stellenzahl umzuwandeln wäre ausgeschlossen, deswegen schließt sich ein weiterer Schritt an, die sogenannte Quantisierung. Man unterteilt den gesamten Amplitudenbereich in Teilbereiche, Stufen ($256 = 2^8$ beim Fernsprechen), und ersetzt jede der unendlich vielen Amplitudenmöglichkeiten durch die Stufe, in die sie fällt. Jeder Amplitudenstufe ist eine achtstellige Kodegruppe zugeteilt. Auf diese Weise kann man bei großer Annäherung an Originaltreue die Sprachsignale als eine Folge von Kodegruppen ausdrücken und dann übertragen.

Eine vollständige PCM-Übertragung läuft also folgendermaßen ab:

Auf der Senderseite werden die zu übertragenden Signale abgetastet. Man erhält PAM-Signale. Durch die Quantisierung wird die Anzahl der möglichen Impulsamplituden auf 256 Amplitudenstufen reduziert. Die einer Probe zugeordnete Quantisierungsstufe wird in eine binäre Impulsgruppe umgesetzt. Die zeitlich ineinanderge-

schachtelten Kodegruppen verschiedener Nachrichten werden fortgeleitet.

Unterwegs passieren die Signale in Abständen, die mitunter nur wenige Kilometer betragen, selbsttätig arbeitende elektronische Einrichtungen, in denen Störungen unterdrückt, Signale verstärkt und regeneriert werden.

Der technische Aufwand für PCM ist nicht gerade gering. Es müssen daher weitere Vorzüge sein, durch die sich Pulsmodulation auszeichnet. Das ist in der Tat der Fall.

Die Gefahr der gegenseitigen Beeinflussung verschiedener Nachrichten (Übersprechen) ist sehr gering. Auch ältere, nicht einmal trägerfrequenztüchtige Leitungen sind noch für PCM geeignet. Das ist vor allem in Gebieten vorteilhaft, in denen es noch Freileitungsnetze gibt.

Beim herkömmlichen Fernsprechen haben wir es gleichzeitig mit digitalen und analogen Signalen zu tun (z. B. Wählpulse und stetig verlaufende Sprachsignale).

Dieses Nebeneinander ist ungünstig; es erschwert z. B. den Aufbau vollelektronischer Netze. PCM führt auf seinen Netzen nur digitale, und zwar die besonders einfachen binären Signale. Man kann infolgedessen weitgehend auf Schaltungsprinzipien und Baugruppen der Datenverarbeitungstechnik und der Mikroelektronik zurückgreifen. Deshalb sind PCM-Netze auch verhältnismäßig leicht für andere Aufgabenstellungen einsetzbar, etwa zur Datenübertragung.

Nachteilig ist allerdings, daß PCM zur Übertragung einer gegebenen Anzahl von Nachrichtenkanälen ein bis zehnfach breiteres Frequenzband als ein gleichwertiges Trägerfrequenzsystem benötigt. Daher werden PCM-Systeme (z. B. auch das in der DDR eingesetzte System PCM 30/32 für 30 Fernsprechkkanäle) vorerst bevorzugt dort eingesetzt, wo noch keine Trägerfrequenzsysteme ausgebaut sind, bzw. dort, wo großer Wert auf störungsfreie Übertragung gelegt wird. Das gilt auch für den Einsatz der PCM bei drahtlosen Übertragungen, etwa im Funkverkehr mit Raumfahrzeugen.

Systeme mit 120, 480 usw. Kanälen sind in der Erprobung und teilweise schon im Einsatz.

Glas statt Kupfer

Wachsendes Informationsbedürfnis zwang dazu, in Bereiche immer höherer Frequenzen vorzustoßen. Es begann bei wenigen Kilohertz, heute ist der Gigahertzbereich längst erschlossen ($1 \text{ GHz} = 10^6 \text{ kHz} = 10^9 \text{ Hz}$).

Läßt sich, so fragte man, das stetige Vordringen nicht durch einen Sprung von Millimeter- zu den mehrtausendfach kürzeren Lichtwellen ersetzen? Kann man Licht als Nachrichtenträger verwenden?

Nicht etwa, indem man, wie seit Jahrzehnten bekannt, die Intensität einer Speziallampe im Sprachrhythmus steuert, sondern indem man Lichtwellen als Träger *zahlreicher* ihnen aufmodulierter Nachrichten wählt. Geeignete Sender hierfür – vor allem Halbleiterlaser – wurden in jüngster Zeit ebenso geschaffen wie empfindliche Lichtempfänger, z. B. Fotodioden. Auf diese Weise erhielt man, wie einfache Rechnungen ergeben, eine enorme Steigerung der Übertragungskapazität. Zehntausende Ferngespräche, viele Hörrundfunk- und Fernsehprogramme, Daten usw. würden sich gleichzeitig auf einem Lichtstrahl transportieren lassen.

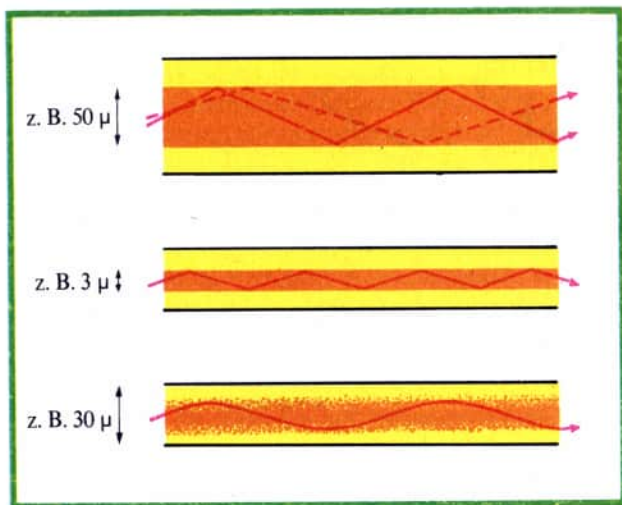
Voraussetzung dafür ist die ungestörte Weiterleitung eines Lichtstrahls auch über größere Entfernungen. Damit scheidet – wir kommen noch einmal darauf zurück – die Ausbreitung durch die freie Atmosphäre im allgemeinen aus. Statt dessen braucht man einen Leiter, in dem sich Licht möglichst ungehindert fortpflanzen kann.

Die Namen *Lichtleiter*- oder auch *Glasfaser-Nachrichtenübertragung* verraten schon, woraus dieser Leiter meistens besteht.

Lichtleiter für Nachrichtenübertragungen setzen sich aus einem gläsernen Kern (allenfalls Bruchteile eines Millimeters dick) und einer ihn umhüllenden Mantelschicht aus Glas zusammen, dessen Brechzahl unter derjenigen des Kerns liegt.

Licht, das in die Stirnseite einer solchen Faser eingekoppelt wird, pflanzt sich in Längsrichtung fort, ohne die Faser seitlich zu verlassen. Erst am anderen Ende tritt es wieder aus.

Ursache ist die aus der Optik bekannte Totalreflexion.

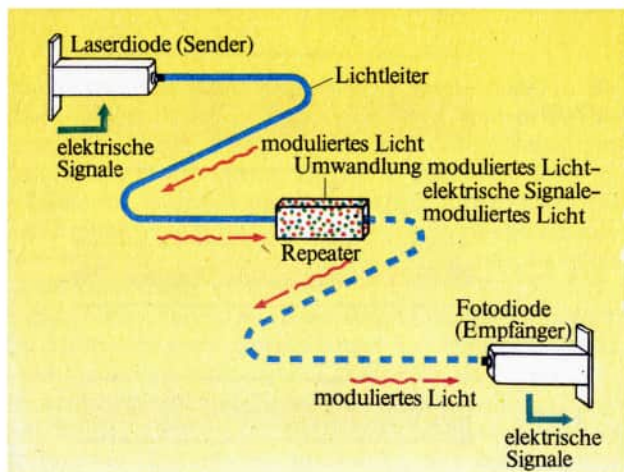


Von oben: Mehrmode-, Monomode- und Gradientenfaser

Trifft Licht aus einem Medium höherer Brechzahl (unter bestimmten Winkeln) auf die Grenzfläche zu einem Medium niedrigerer Brechzahl, wird es in das Medium höherer Brechzahl reflektiert. In der Glasfaser wiederholt sich dieser Vorgang fortwährend; so kommt die Fortpflanzung des Lichts zustande.

Glasfasern für die Nachrichtenübertragung haben z. B. einen Kerndurchmesser um $50\text{ }\mu\text{m}$, einen Gesamtdurchmesser um $100\text{ }\mu\text{m}$. Man nennt diesen Typ Mehrmodefasern; für die Übertragung eines breiten Frequenzbandes sind sie allerdings nicht geeignet. Das liegt daran, daß Teilstrahlen des am Ende eingekoppelten Lichts unter verschiedenen Winkeln zur Totalreflexion gelangen und dabei auch verschieden lange Wege durchlaufen. Sie erreichen das andere Faserende mit zeitlichen Unterschieden. Diese sind zwar sehr gering, genügen aber, um Impulse unzulässig zu verbreitern oder gar zu verschmieren.

Bei weitem günstigere Eigenschaften haben Fasern, deren Kerndurchmesser größenordnungsmäßig Lichtwellenlängen nahekommt (Kerndurchmesser z. B. $3\text{ }\mu\text{m}$,



Aufbau einer Lichtleiter-Nachrichtenübertragung

Außendurchmesser $50\ \mu\text{m}$). In solchen Monomodefasern erfolgt die Lichtfortpflanzung eindeutig, gewissermaßen mit Hilfe eines einzigen Teilstrahls. Laufzeitunterschiede und ihre Folgen werden gegenstandslos, auch größte Kanalzahlen sind zu bewältigen.

Eine Zwischenstellung zwischen Monomode- und Mehrmodelfasern nehmen Gradientenfasern ein. Bei ihnen entfällt eine definierte Mediengrenze; statt dessen nimmt die Brechzahl des Materials von der Faserachse aus stetig nach außen ab.

Als Fasermaterialien finden vorwiegend Gläser, aber auch Plaste oder sogar Kombinationen aus beiden Verwendung. Eine bestimmende Größe für Wahl und Entwicklung des Fasermaterials ist die Lichtdurchlässigkeit bzw. sind die Verluste, die Licht beim Durchgang durch die Faser erfährt.

In den vergangenen Jahren wurden ganz erstaunliche Ergebnisse erzielt. Die gleiche Lichtquelle, deren Strahlen beim Durchdringen von Luft nach 330 m um die Hälfte geschwächt werden, würde in gegenwärtig verfügbaren Glasfasern erst nach 1 km einen 50prozentigen Abfall er-

fahren. Im Labor wurden noch bessere Resultate erzielt. Glasfasern für die Nachrichtenübertragung sind also schon heute durchsichtiger als Luft!

Die Fasern wurden im einfachsten Fall erhalten, indem man konzentrische Glasrohre entsprechender Brechzahlen kontinuierlich auf den gewünschten Durchmesser auszog. Inzwischen wurden, um die genannten Verbesserungen zu erreichen, mehrere kompliziertere Verfahren bis zur Produktionsreife gebracht.

Die Glasfaser ist aber nur ein Teil des späteren Nachrichtenkabels. Sie muß gegen mechanische Beschädigungen, gegen Zug, gegen Brechen und gegen zu enge Biegungen geschützt werden. Hierfür bestehen mehrere Möglichkeiten, so die Einbettung mehrerer Fasern zwischen Plastschichten oder das Einlegen in Längsnuten eines Trägers mit sternförmigem, flexiblem Querschnitt. Selbstverständlich bewahrt eine Schutzhülle das Kabel vor äußeren mechanischen und chemischen Einflüssen.

Beim Aufbau einer Glasfaser-Nachrichtenübertragungsstrecke brauchen wir nur auf den optisch-elektronischen Teil einzugehen; Signalgewinnung und -aufbereitung (häufig wird PCM angewandt) ähneln weitgehend den bereits vorgestellten Verfahren.

Lichtsender ist meistens ein Halbleiterlaser (Laserdiode), dessen Strahlung in ihrer Intensität mit dem zu übertragenden Signalgemisch moduliert und möglichst verlustarm in die Faser eingekoppelt wird. Auch Lumineszenzdioden (Leuchtdioden) werden noch als Lichtsender eingesetzt. Die verwendeten Laserdioden sind geradezu ein Musterbeispiel für das Entwicklungstempo der Elektronik. Vor zehn Jahren befürchtete man noch, der Halbleiterlaser wäre in der Nachrichtentechnik wegen zu geringer Lebensdauer nicht zu verwenden. Vor fünf Jahren waren 1 000 Betriebsstunden ein typischer Wert. Gegenwärtig visiert man 100 000 Betriebsstunden an. Als Empfangsorgane dienen Fotodioden.

Selbst in den optisch besten Glasfasern erleiden die Signale unterwegs Verluste. In längere Übertragungstrecken müssen daher Zwischenverstärker geschaltet werden, sogenannte Repeater (englisch; Wiederholer). Sie empfangen die optischen Signale mit Fotodioden. Die entste-

henden elektrischen Signale werden verstärkt, regeneriert und steuern eine Laserdiode, deren Strahlung den folgenden Streckenabschnitt durchläuft.

Als man mit Glasfaser-Nachrichtenübertragungen zu experimentieren begann, waren die Repeaterabstände wegen der unzulänglichen Fasern gering und betrugen oft nicht einmal 1 km. Gegenwärtig werden Abstände von mehr als 30 km erreicht!

Auch (nur scheinbar) nebensächliche Teilprobleme wie die Verbindung von Glasfaser-Leitungsstücken (man denke, was es heißt, die dünnen Faserkerne genau aneinanderzufügen) oder Abzweigungen von einer Leitung konnten in den vergangenen Jahren zufriedenstellend gelöst werden.

Welche Vorteile nun rechtfertigen die vielerorts vorangetriebenen Entwicklungsarbeiten auf dem Gebiet der Lichtleiter-Nachrichtenübertragung?

Es sind keinesfalls die hohen Übertragungskapazitäten allein, die Glasfasern anbieten. Verglichen mit herkömmlichen Kabeln, vieladrig oder als Koaxialkabel ausgeführt, ragen die geringere Masse, der kleinere Durchmesser und damit die einfachere Verlegbarkeit heraus.

Glasfaserkabel enthalten weder Kupfer noch andere metallische Leiterwerkstoffe. Ein bestechendes Argument in einer Zeit, die zu sparsamstem Umgang mit Metallen aufruft, bestehend auch deshalb, weil der Rohstoff für Glasfasern – im wesentlichen Sand – beliebig verfügbar ist. 1 g Glas, so errechnete man, vertritt bei einer Lichtleiter-Nachrichtenübertragung 10 kg Kupfer!

Auch bei den Kosten schneiden Lichtleiter-Nachrichtensysteme gut ab. Ein Glasfaserkabel ist um 80 Prozent billiger als ein Kupferkoaxialkabel. Der Preis für alle übrigen Systemkomponenten reduziert sich ebenfalls erheblich (bis auf 30 Prozent). Die gegenüber Trägerfrequenzsystemen größeren Verstärkerabstände vereinfachen überdies den Aufbau und erhöhen die Zuverlässigkeit des Systems.

Glasfaserkabel werden, da in ihnen durch elektromagnetische Felder keine Spannungen induziert werden, weder durch industrielle noch durch atmosphärische Störungen beeinflusst. Es gibt kein Übersprechen, nur sehr

geringe Verzerrungen, und schließlich ist es nahezu ausgeschlossen, ein Glasfaserkabel unerlaubt anzuzapfen.

Lichtleiter-Nachrichtenübertragungen werden seit einigen Jahren im Einsatz erprobt. Es kommt dabei vor allem darauf an, Erfahrungen für verbesserte Nachfolger zu sammeln.

Glasfaserkabel mit Längen bis zu über 40 km leiten in der UdSSR, in Kanada und anderen Staaten bereits über 15000 Ferngespräche oder mehrere Fernsehprogramme über eine Faser. Fernmeldezentralen in einigen Großstädten sind versuchsweise durch Glasfaserkabel miteinander verbunden. Im Frühjahr 1981 wurde der Deutschen Post eine Verbindung für vorerst 120 Gespräche (zwischen dem Zentrum unserer Hauptstadt und Berlin-Schöne-weide) übergeben. Allein bei diesem Kabel wurden 50 t Kupfer eingespart! Auch an Versuchen mit Glasfaser-Unterwasserkabeln fehlt es nicht. Sogar blitzgefährdete Freileitungen hat man schon durch Glasfaserleitungen ersetzt. Die Speisung der Anlagen übernehmen Sonnenbatterien, um die blitzempfindlichen Speiseleitungen zu erübrigen.

Man hat inzwischen zahlreiche Erfahrungen gesammelt, und sie sind auch für die Überbrückung kurzer Distanzen interessant, z. B. für den Transport großer Datenmengen in und zwischen Computern, Datenbanken usw.

Die Lichtleiter-Nachrichtenübertragung steht erst am Anfang, einem allerdings sehr vielversprechenden Anfang. Ihre Bedeutung für die Nachrichtentechnik wird rasch zunehmen. Das gilt nicht nur für den Aufbau leistungsfähiger Ferntrassen, sondern auch für den Ausbau regionaler und örtlicher Kommunikationsnetze, über die etwa gleichzeitig Ferngespräche, Faksimileübertragung, Datenverkehr, Hör- und Fernsehrundfunkprogramme laufen werden (vgl. S. 63).

Zwischen Dezimeterwellen und Laserlicht

Auch in der drahtlosen Nachrichtentechnik bestand und besteht der Zwang, zu immer höheren Trägerfrequenzen überzugehen. Den Langwellen folgten die Mittel- und Kurzwellen, diesen Meter- und Dezimeterwellen, und heute arbeitet man bis in den Millimeterwellenbereich.

Bei diesem Vordringen wurden die Techniker zunehmend mit einer grundlegenden Eigenschaft der Radiowellen konfrontiert: Diese werden in ihrem Verhalten um so lichtähnlicher, je höher ihre Frequenz, je kürzer ihre Wellenlänge ist. Aus der Optik bekannte Erscheinungen, wie geradlinige Ausbreitung, Reflexion, Beugung, Streuung, Interferenz, die Möglichkeit enger Strahlbündelung, treten bei Dezimeter- und mehr noch bei Zentimeter- und Millimeterwellen deutlich hervor.

Für die Technik hat das positive und negative Auswirkungen. Geradlinige Ausbreitung und Reflexion z. B. sind einerseits Grundlage der Radartechnik, zwingen uns andererseits zum genauen Ausrichten der Fernsehantenne oder verursachen die berüchtigten Geister auf dem Bildschirm. Wegen ihrer geradlinigen Ausbreitung reichen Wellen des Höchstfrequenzbereichs nur bis zum Horizont (in Wirklichkeit ein kleines Stückchen weiter). Daher sind zahlreiche Fernseh- und UKW-Rundfunksender zur Versorgung eines großen Gebietes nötig; andererseits können genügend weit voneinander entfernte Sender gleiche Kanäle benutzen, ohne sich zu stören.

Die *Richtfunktechnik* hat aus diesen widersprüchlichen Eigenschaften das Beste gemacht. Ihre Anfänge reichen bis in die dreißiger Jahre zurück, ihr Prinzip ist einfach: Die Punkt-zu-Punkt-Verbindung mit Freileitung oder Kabel ersetzen Sender und Empfänger an den Enden eines zur Gegenstation gerichteten Funkstrahls.

Das Gelände unter dem Funkstrahl spielt kaum eine Rolle, solange zwischen Empfänger und Sender freie Sicht besteht. Die ersten Richtfunklinien überspannten daher Sumpfgebiete, Seen oder aus anderen Gründen unzugängliches Gelände oder wurden, z. B. im militärischen Bereich, für mobile Verbindungen eingesetzt.

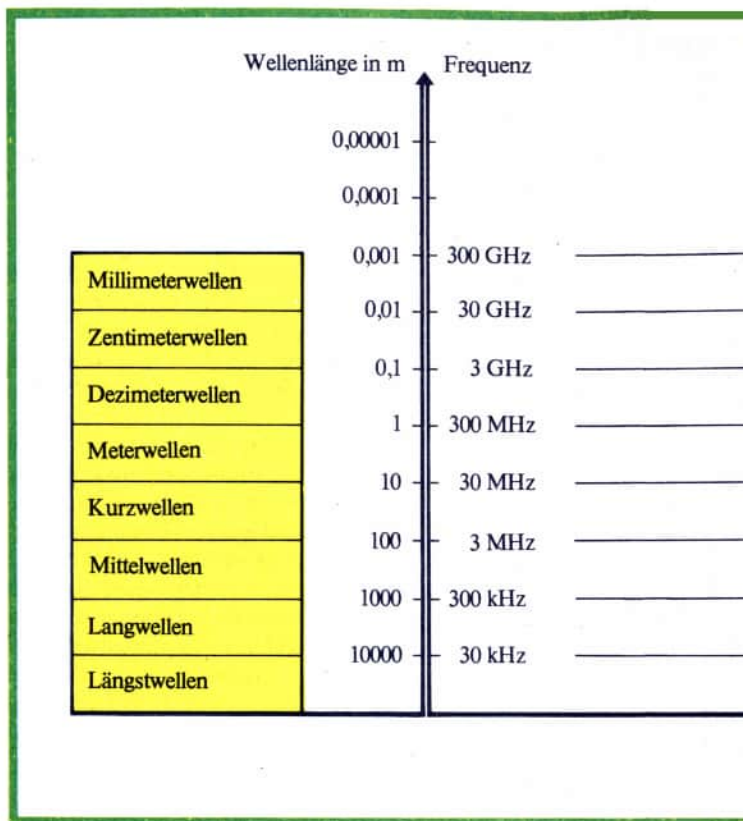
Der Möglichkeit, im Höchsthfrequenzbereich breite Frequenzbänder ausnutzen zu können, verdanken wir die Anwendungsbereiche der Richtfunktechnik: drahtlose Übertragung zahlreicher Ferngespräche, Fernschreiben und Daten nach Verfahren der Trägerfrequenztechnik und vor allem die Weiterleitung beziehungsweise die Verteilung von Fernseh- und Hörrundfunkprogrammen zu den Sendern.

Die dabei zu überbrückenden Entfernungen überschreiten die Distanz bis zum Horizont meistens um ein Vielfaches; eine unmittelbare Übertragung zwischen nur zwei Endstellen ist nicht möglich. Man unterteilt die Richtfunkstrecke in einzelne kürzere *Funkfelder*. Sie sind durch sogenannte *Relaisstationen* gegeneinander abgegrenzt.

Eine Relaisstation enthält mindestens einen Empfänger und einen Sender für jede Transportrichtung. Der Empfänger nimmt das gesamte ihm von der vorausgehenden Relaisstation zugestrahlte Frequenzband auf, verstärkt es und bereitet es so auf, daß es über den Sender zur nächstfolgenden Relaisstation weitergeleitet werden kann. Dort und an den weiteren Relaisstationen wiederholen sich die Vorgänge wie bei einem Stafettenlauf. Bei manchen Richtfunkstrecken durchlaufen die Signale hundert und mehr Relaisstationen. In den Relaisstationen findet ein Frequenzwechsel statt. Eine Station, die auf der Frequenz A empfängt, gibt die Signale auf einer Frequenz B weiter. Auf diese Weise werden unerwünschte Rückwirkungen in der Station selbst vermieden, außerdem vermindern sich die Störungsmöglichkeiten durch sogenannte Überreichweiten, wie sie bei besonderen Ausbreitungsbedingungen auftreten können.

Die Länge der Funkfelder hängt von der Horizontweite ab und liegt im allgemeinen bei 50 km. Nach Möglichkeit nutzt man Berge, Höhenzüge usw. als Standorte für die Relaisstationen.

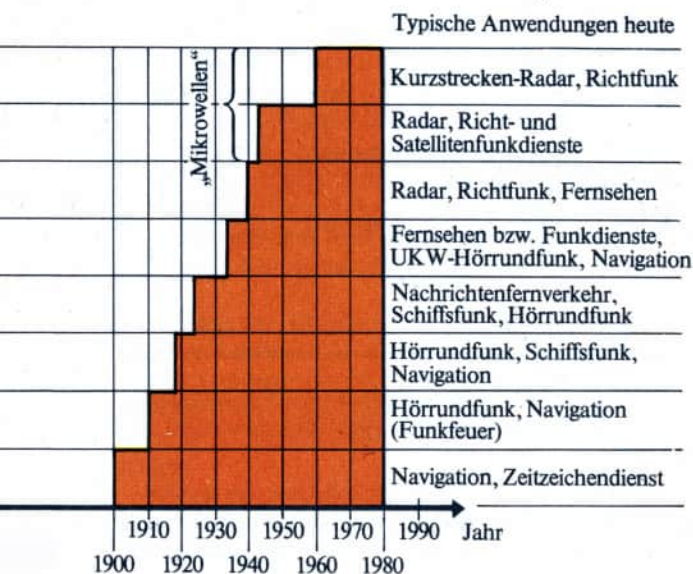
Der Nachrichtenverkehr zwischen den Relaisstationen und zwischen Relaisstationen und Endstellen vollzieht sich auf eng gebündelten Funkstrahlen. Ihrer Erzeugung dienen die an Türmen oder Masten angebrachten Parabolantennen oder Hornstrahler, die jedermann als äußer-



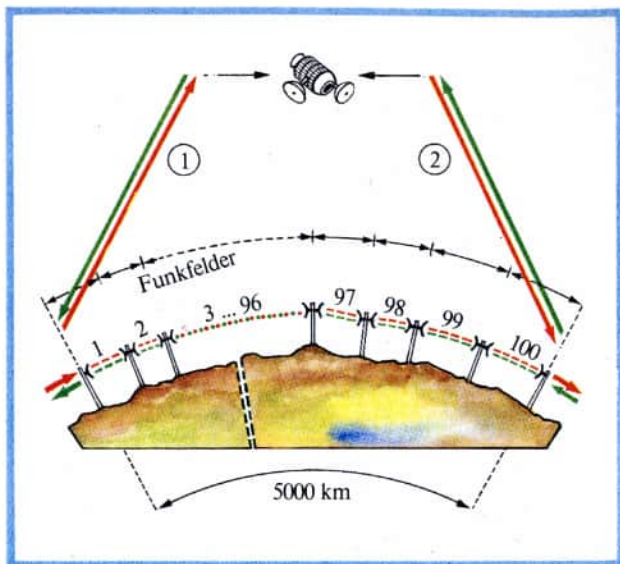
Das Vordringen zu höheren Frequenzen in der drahtlosen Nachrichtenübertragung

res Wahrzeichen einer Richtfunkstrecke kennt. In ihrer Wirkungsweise entsprechen sie Hohlspiegeln. Mit Hilfe von Schaltungskunstgriffen ist es möglich, Sender *und* Empfänger (sogar mehrere Sender und Empfänger) an einer Antenne zu betreiben.

Die Relaisstationen einer Strecke arbeiten im allgemeinen unbemannt. Da der Ausfall auch nur einer Relaisstation die gesamte Richtfunkstrecke lahmlegen würde, wird



ein hohes Maß an Zuverlässigkeit von allen Geräten und den stets betriebsbereiten Reserveeinrichtungen gefordert. Von den Endstellen aus oder von Zentralen, an denen mehrere Richtfunkstrecken zusammentreffen, wird das einwandfreie Arbeiten aller Relaisstationen ständig überwacht. Die dazu notwendigen Meßwerte und Steuerkommandos laufen ebenso über die Richtfunkstrecke wie Pilotfrequenzen als ständig erfaßbarer Bezugswert. Das



Für 1 000 km Richtfunkstrecke sind mindestens 20 Funkfelder nötig. Das gleiche Resultat schafft ein Nachrichtensatellit mit zwei Funkfeldern.

Ergebnis ist überzeugend: Gegenwärtig kommt auf mehrere tausend Betriebsstunden einer Richtfunkstrecke nur eine Ausfallstunde.

Während man vor 30 Jahren die Übertragung von 12 oder 24 Fernsprechanälen beherrschte, sind heute 1920 Fernsprechanäle auf einer Richtfunkstrecke üblich. Durch Zusammenschalten mehrerer Sender und Empfänger lassen sich über eine Richtfunkstrecke mehr als 10000 Kanäle übertragen.

Auch in der Richtfunktechnik ist eine deutliche Tendenz zu immer höheren Arbeitsfrequenzen zu beobachten. Damit erhöht sich nicht nur die Breite des übertragbaren Signalfrequenzbandes und damit die Anzahl der Nachrichtenkanäle; bei gleicher oder sogar besserer Bündelungsschärfe sinken die Antennenabmessungen erheblich. Richtfunkstrecken im 12-GHz-Bereich haben sich

bereits bewährt. Noch höhere Trägerfrequenzen (bis zu 38 GHz) werden untersucht und erprobt.

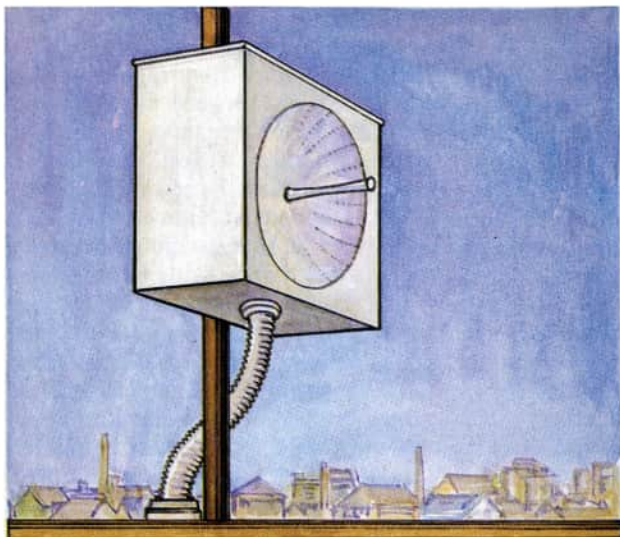
Man wird dabei zunehmend zu Übertragungsverfahren übergehen, wie wir sie beispielsweise als PCM kennenlernten. Gründe dafür liegen zunächst im Ausbreitungsverhalten der Wellenbündel. Mit zunehmender Frequenz steigt die Dämpfung in der Atmosphäre an, besonders bei Niederschlägen. Die Funkfelder müssen verkürzt werden, vor allem aber sind nur Übertragungsmethoden empfehlenswert, bei denen sich die Signale unterwegs regenerieren lassen (vgl. S. 33). Da außerdem in der leitergebundenen Nachrichtentechnik immer öfter zur Übertragung digitaler Signale übergegangen wird, liegt es schon aus Gründen des Übergangs von Kabel- auf Richtfunkstrecken und umgekehrt nahe, auch für den drahtlosen Weg digitale Signale zu verwenden. Systemlösungen hierfür wurden ausgearbeitet und befinden sich in Erprobung.

Vorzüge der Richtfunkstrecken sind das Wegfallen materialaufwendiger Kabel und damit der zugehörigen teuren Verlegungsarbeiten. Außerdem ist die Anzahl der Relaisstationen, verglichen mit den Zwischenverstärkern einer gleich leistungsfähigen Kabelstrecke, erheblich geringer.

Wegen der Strahlbündelung kommt man mit Sendeleistungen von einigen Watt aus. Außerdem bietet die Strahlbündelung relativ hohe Sicherheit gegen von außen eindringende Störungen einerseits und gegen unbefugtes Abhören andererseits.

In den vergangenen Jahrzehnten hat sich die Halbleitertechnik auch bei Richtfunkstrecken durchgesetzt. Selbst die bis vor wenigen Jahren in den Endstufen der Sender noch erforderlichen Röhren weichen in jüngster Zeit leistungsfähigen Halbleiterbauelementen.

Diese Umstellung, verbunden mit dem Übergang auf höhere Frequenzen, hat Abmessungen und Aufwand der technischen Einrichtungen reduziert. Man produziert bereits Relaisstationen, die in würfelförmigen Gehäusen von nicht einmal 1 m³ untergebracht sind und in unmittelbarer Antennennähe angeordnet werden (teilweise werden die Antennenspiegel in die Gehäusewände eingelassen).



*Zentimeterwellen-Richtfunkendstelle für Senden und Empfang
(vorgesehen für regionale Verbindungen)*

sen). Für den Einsatz solcher Anlagen sind keine teuren Masten und Türme erforderlich.

Bei der leitergebundenen Übertragung führte die Entwicklung über Radiowellen zu Lichtwellen in Faserleitungen. Es liegt nahe, Lichtstrahlen auch in Richtfunkverbindungen zu verwenden.

Laser als Sender und fotoelektrische Bauelemente für die Empfänger stehen zur Verfügung. Schon mit gegenüber der Richtfunktechnik sehr bescheidenen Anordnungen (Hohlspiegel von wenigen Zentimetern Durchmesser) kann man Laserlicht scharf bündeln.

Die Ergebnisse der in mehreren Ländern unternommenen Experimente zeigen jedoch, daß in der Erdatmosphäre Fernverbindungen auf diese Weise – zumindest bei vernünftigem Aufwand – wenig erfolgversprechend sind.

Die Laserverbindungen werden durch mit der Luftfeuchtigkeit steigende Absorption (Nebel, Regen usw.) er-

heblich gedämpft, durch Schwebeteilchen und Temperaturinhomogenitäten unregelmäßig gestreut. Trotz erheblicher Sendeleistungen dürften Repeaterstationen nur wenige Kilometer auseinanderliegen. Anwendung von PCM wäre unabdingbare Notwendigkeit, um die geschwächten und gestörten Signale regenerieren zu können.

Deshalb können sich Laser-Richtverbindungen auf der Erdoberfläche nur dort einbürgern, wo über kurze Entfernungen sehr viele Informationen gleichzeitig befördert werden sollen. Das gilt z. B., wie in der UdSSR erfolgreich erprobt, für die Verbindung von Fernmeldezentralen in Großstädten oder für den Austausch intensiver Datenflüsse zwischen Großrechnern.

Im Weltraum fehlt der störende Einfluß der Erdatmosphäre. Hier könnten, nicht zuletzt mit Konstruktionen geringer Masse und Abmessungen, Lasereinrichtungen zur Verbindung mit Raumsonden oder zwischen Raumschiffen und Raumstationen sehr wohl Bedeutung erlangen.

Programme und Informationen für den Wohnbereich

Eine Antenne – 100000 Empfänger

Nachdem sich die erste Begeisterung über das »Wunder« Rundfunk (auf Mittel- und Langwellen, später auch auf Kurzwellen betrieben) gelegt hatte, glaubte man, wegen der leistungsfähigen Empfänger auf eine Außenantenne verzichten zu können. Zunehmend wurden damit auch kritische Stimmen laut.

Besonders in Städten klagten Rundfunkhörer über Empfangsstörungen durch Schaltfunken, elektrische Geräte, Straßenbahnen usw. Über die Antenne und ihre Zuleitung, aber auch über das Stromnetz gelangten diese Störungen in den Empfänger und waren dann nicht mehr zu unterdrücken.

Damit man wenigstens zwei oder drei Sender einwandfrei empfangen konnte, führte man den *Drahtfunk* ein.

An einem günstigen Empfangsort aufgenommene Programme wurden Fernsprechteilnehmern über das Telefonnetz überspielt (das Verfahren ähnelt der Trägerfrequenztechnik). Über eine sogenannte Drahtfunkweiche verband der Hörer die Antennenbuchse seines Empfängers mit der Anschlußdose des Fernsprechers und konnte wahlweise über Draht oder drahtlos empfangen (selbstverständlich ohne Beeinflussung des Fernsprechbetriebs).

Ehe sich der an Wiedergabequalität weit überlegene UKW-Rundfunk durchsetzte, existierten in vielen großen Städten Drahtfunknetze. Einige davon betrieb man bis in die jüngste Zeit.

Ein anderer Weg zu störungsfreiem Empfang wurde

durch die »Außenantenne mit abgeschirmter Zuleitung« beschränkt. Der durch Geräte usw. hervorgerufene elektrische Störnebel klingt schon wenige Meter über den Dächern merklich ab. Eine aus dem Störnebel ragende Antenne nimmt im Verhältnis zum Nutzsignal weniger elektrische Störungen auf als eine Antenne im Störnebel. Dieser Effekt wird jedoch durch die Antennenwirkung der durch den Störnebel führenden Antennenzuleitungen teilweise zunichte gemacht.

Bei der Außenantenne mit abgeschirmter Zuleitung wird die Niederführung mit Hilfe eines Spezialkabels so abgeschirmt, daß ihre Antennenwirkung aufgehoben wird. Der Empfänger erhält ein wenig gestörtes Signal.

Durch eine lange abgeschirmte Niederführung werden die Signale gedämpft, sie erreichen den Empfänger mit verminderter Intensität. Es ist daher zweckmäßig, in unmittelbarer Nähe der Antenne, vor der Niederführung, einen Verstärker anzubringen. Damit wird nicht nur die Dämpfung aufgehoben, sondern man kann auch mehrere Empfänger an einer Antenne betreiben. Durch elektrische Weichen muß lediglich sichergestellt werden, daß sich die Geräte gegenseitig nicht beeinflussen.

In der zweiten Hälfte der dreißiger Jahre tauchten solche *Gemeinschaftsantennen* (kurz GA genannt) für Lang-, Mittel- und Kurzwellenempfang auf. Ihre Verbreitung blieb trotz guter Empfangsresultate bescheiden. Die Zuverlässigkeit und Lebensdauer der mit Röhren bestückten Antennenverstärker ließen zu wünschen übrig, die Anlagekosten waren erheblich. Im faschistischen Deutschland, wo man für kurze Zeit Gemeinschaftsantennen propagiert hatte, galt außerdem sehr bald störungsfreier Fernempfang nicht mehr als erstrebenswert. Hörer sollten sich mit dem zufriedengeben, was ihr »Volksempfänger« vom nächstgelegenen »Reichssender« aufnahm (daß diese Rechnung nicht aufging und z. B. die Moskauer Langwelle mit einfachsten Geräten zu empfangen war, sei am Rande vermerkt).

Nach 1945 wurde neben elektrischen Störungen vor allem die Überfüllung der Rundfunk-Frequenzbänder zum Problem. Die dadurch verursachten Störungen waren auf der Empfängerseite weder durch Antennen noch

durch andere technische Maßnahmen wirkungsvoll zu bekämpfen.

Das führte in den fünfziger Jahren zu veränderten Hörgewohnheiten: Die meisten Rundfunkhörer wollten lieber weniger Stationen, diese aber in guter Qualität empfangen. Der UKW-Rundfunk brachte nicht nur eine Lösung, die diese Forderung erfüllte, sondern ermöglichte auch die Realisierung des Stereoempfangs.

Mit der Einführung des Fernsehens und auch mit dem Stereorundfunk rückte die Problematik einwandfreien Empfangs erneut und nachhaltig in das Blickfeld. Mit Beihelfsantennen (auch Zimmerantennen gehören dazu) ist nur selten und in unmittelbarer Sendernähe guter Fernsehempfang möglich. Die Folgen sind bekannt und noch immer sichtbar: Auf den Dächern entstanden Antennenwälder; die Ableitungen beeinträchtigten die Fassaden und verursachten durch ablaufendes Regenwasser häufig Putz- und Gebäudeschäden. Große Mengen an Leiter- und Isolationsmaterial wurden benötigt und mußten schon nach wenigen Jahren ausgewechselt werden.

Trotzdem ließ vielerorts der Empfang Wünsche offen. Wegen der quasioptischen Ausbreitungseigenschaften der für das Fernsehen benutzten Meter- und Dezimeterwellen blieben Ortschaften in Taleinschnitten, hinter Höhenzügen usw. im Schattenbereich des nächsten Fernsehsenders. Ein erheblicher Aufwand an sogenannten Fernsehhilfsstationen wurde erforderlich. Sie nehmen das Programm des nächsten Großsenders auf, um es gerichtet in die Schattenzone erneut auszustrahlen. Allein in der DDR arbeiten weit über 400 solcher Anlagen.

Eine ungünstige Situation für den Fernsehempfang ergab und ergibt sich auch zunehmend in Städten. »Übeltäter« sind hier vor allem Hochhäuser, Stahlkonstruktionen oder metallverblendete Fassadenteile. Sie verursachen bei Funkwellen Schattenzonen oder durch ein- bzw. mehrfache Reflexion der Wellen Geisterbilder. Schon 1965 litt allein in New York eine halbe Million Fernsehzuschauer unter solchen Erscheinungen!

Man kehrte, nunmehr jedoch mit viel besserer technischer Ausrüstung, zur Gemeinschaftsantenne zurück. Sie ist Attribut unserer meisten Neubaublocks wird auf dem

Dach an der durch Messungen ermittelten besten Empfangsposition aufgestellt und liefert über (mit Transistoren bzw. integrierten Schaltkreisen aufgebaute) Antennenverstärker und im Hausinneren verlaufende Verteilerleitungen Fernseh- und Hörrundfunkprogramme an Anschlußdosen in den Wohnungen. Neben den Vorzügen für die Bewohner (Wegfall des Drahtgewirrs aus mehreren Antennenzuleitungen, optimaler Empfang) wird eine erhebliche Menge an Material eingespart, zumal die Verteilernetze im Haus gegen Umwelteinflüsse geschützt sind und damit eine hohe Standzeit haben.

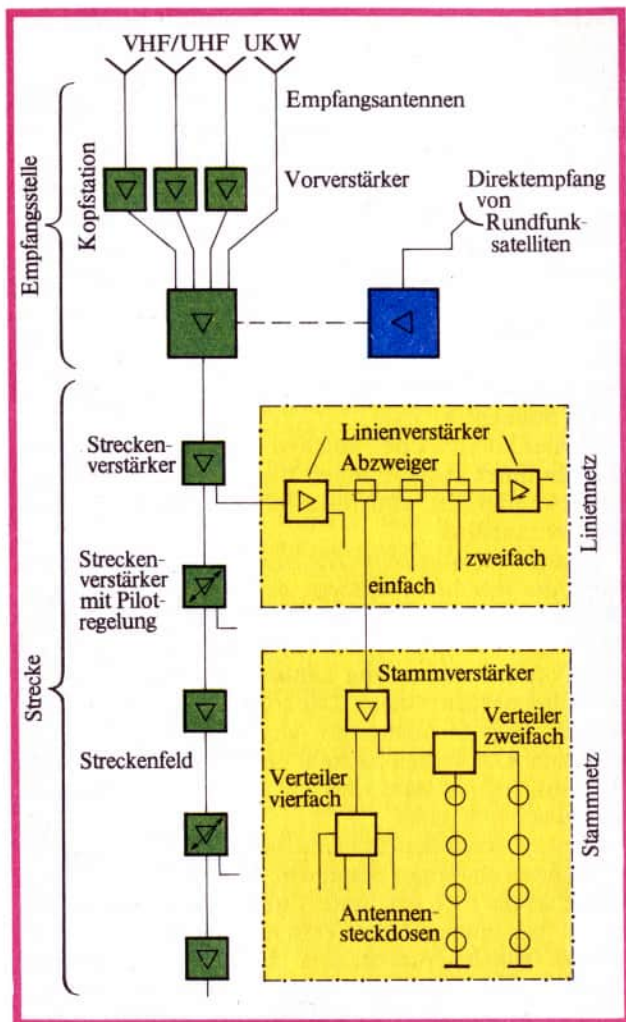
Die beste Gemeinschaftsantenne verliert allerdings ihren Sinn, wenn sie eines Tages so umbaut wird, daß erneut Schatten und Reflexionen auftreten. Genau das ist in vielen Städten der Fall.

Fernsehhilfsstationen könnten hier nicht weiterhelfen. Die von ihnen ausgestrahlten Wellen würden gleichfalls vielfach reflektiert, außerdem fehlte es für sie an freien Frequenzkanälen.

Einzigster Ausweg ist es, die Antenne auf den höchsten Punkt des von ihr zu versorgenden Gebietes zu verlegen. Dadurch verlängern sich die Zubringerleitungen zu den Empfängern oftmals so, daß zur Kompensierung der unvermeidlichen Dämpfung Leistungsverstärker eingeschaltet werden müssen. Das eröffnet zugleich die Möglichkeit, über Stichleitungen weitere Empfänger anzuschließen. Die Teilnehmerzahl vervielfacht sich, aus der Gemeinschaftsantenne wird die *Groß-Gemeinschaftsantennenanlage* (GGA).

Groß-Gemeinschaftsantennenanlagen haben ihre Bewährungsprobe längst bestanden. In Halle-Neustadt z. B. wurde schon 1970 ein System mit 5000 Anschlüssen in Betrieb genommen. Heute existieren GGA für mehr als 100000 Teilnehmeranschlüsse. Das bedeutet: Ganze Städte werden durch *eine* Antennenanlage versorgt.

Im grundsätzlichen Aufbau gleichen sich alle derartigen Anlagen. Nach Möglichkeit nahe dem Zentrum des Versorgungsbereichs, mitunter aber auch – je nach Empfangsbedingungen – weiter abgesetzt, werden Antennen für Fernseh- und UKW-Hörrundfunkempfang errichtet. Man kann auf leistungsfähige Antennentypen zurück-



Groß-Gemeinschaftsantennenanlage

greifen, die dem individuellen Teilnehmer schon aus Installations- und Kostengründen versagt blieben. Im Ausland werden für GGA mitunter Gittermasten mit Höhen um 300 m errichtet. Durch solche Anlagen wird es möglich, den Teilnehmern auch von weiter entfernten und schwach einfallenden Sendern (die allerdings nach wie vor über dem Radiohorizont liegen müssen) rausch- und grießfreien Empfang anzubieten. In vielen Fällen erweitert sich so auch das Angebot an UKW-Hörrundfunkprogrammen erheblich.

In der nahe der Antenne installierten Kopfstation werden die Signale zur Weiterleitung aufbereitet und zunächst einmal so verstärkt, daß trotz der mit unterschiedlicher Intensität einfallenden Sender am Ausgang der Kopfstation und damit am Anfang des Verteilungsnetzes Signale annähernd gleicher Stärke vorhanden sind. Weil eine unmittelbare Weiterleitung von UHF-Programmen über das Kabelnetz wegen der hohen Kabeldämpfung in diesem Frequenzbereich zu schwierig wäre, setzt man die Kanäle der UHF-Sender in der Kopfstation in den VHF-Bereich um. Diese Umsetzung wird übrigens auch bei zahlreicheren kleineren Gemeinschaftsantennenanlagen praktiziert und hat z. B. den Vorteil, daß Eigentümer noch funktionstüchtiger alter Fernsehempfänger (ohne UHF) ebenfalls UHF-Programme verfolgen können.

Signale von nach verschiedenen Normen arbeitenden Fernsehstationen (in Europa sind allein vier verschiedene Zeilenzahlen, fünf Kanalbreiten, dazu zwei Farbfernsehsysteme für die Bildübertragung gebräuchlich!) werden in der Kopfstation auf die Norm des Empfangslandes gebracht. Der Fernsehzuschauer braucht sich keinen Mehrnormen-Empfänger anzuschaffen. Die Programme wichtiger Mittelwellensender können gleichfalls in den VHF-Bereich umgesetzt und über das Kabelnetz verbreitet werden. Die notwendige Änderung der Modulationsart (auf Mittelwellen arbeitet man mit sogenannten Amplituden-, auf UKW hingegen mit Frequenzmodulation) geschieht in der Kopfstation.

Die Kabeldämpfung wird in bestimmten Abständen durch Verstärker so ausgeglichen, daß im gesamten Kabelnetz nur geringe Signalstärkeunterschiede auftreten,

der Teilnehmer an den äußersten Netzausläufern also nicht benachteiligt wird. Das Netz ist in ununterbrochenem Betrieb. Die Überwachung der Verstärker geschieht von der Kopfstation aus.

Kabelfernsehsysteme

Kopfstation und Verteilungsnetz einer Groß-Gemeinschaftsantennenanlage (GGA) werden fast stets zukunftsicher ausgelegt, das heißt so, daß sie noch weitere Kanäle bzw. Signale übertragen können.

Das bezieht sich z. B. auf das in allernächster Zukunft zu erwartende Satellitendirektfernsehen (s. S. 108). Es wird den Höchsthfrequenzbereich benutzen, und zwar Zentimeterwellen im Frequenzbereich um 12 GHz. Die dafür notwendigen Spezialantennen (meistens Parabolantennen) und Konverter, die die Zentimeterwellen in den Frequenzbereich der Fernsehempfänger umsetzen, werden zunächst kaum so einfach, leicht bedienbar und so preiswert vorhanden sein, daß man jeden Fernsehempfänger nachrüsten könnte. Auch ökonomisch wäre das verfehlt. Integriert man dagegen Konverter und Antenne in die Kopfstation einer GA oder GGA, braucht man nur an einer Stelle nachzurüsten. Man kann, ohne den einzelnen Teilnehmer finanziell sehr zu belasten, eine hochwertige Anlage einsetzen, deren Ausgangssignale sämtlichen Teilnehmern des Verteilungsnetzes zugute kommen.

Das Verteilungsnetz wird im allgemeinen durch das Programmangebot »über die Antenne« nicht voll ausgenutzt. Es liegt daher nahe, der Kopfstation einer GGA weitere Programme einzuspeisen. Die Möglichkeiten hierfür sind überaus vielfältig. So lassen sich Verkehrs-, Wetter- und Sportinformationen, aktuelle Nachrichten usw. fortlaufend in einem bestimmten Kanal übertragen, man kann in einem örtlichen Studio Programme produzieren, Videorecorder, magnetische Aufzeichnungsgeräte, Filmgeber für die zusätzliche Übertragung von Filmen, Lehrgängen, Dokumentationen usw. nutzen.

Systeme, die das leisten, heißen *Kabelfernseh-Systeme* (abgekürzt CATV von cable television bzw. KTV von Ka-

beltelevision). Die in der DDR für GGA und KTV entwickelte Kopfstation »KS 1200« z. B. gestattet die Übertragung von 15 Fernsehprogrammen (drahtlos empfangen oder örtlich erzeugt) und 24 UKW-Hörrundfunkprogrammen in Stereoqualität, wobei die Möglichkeit bereits einbezogen wurde, die Zahl der Fernsehkanäle weiter zu erhöhen.

Sämtliche Programme, auch UHF-Programme, werden im Frequenzbereich zwischen 47 MHz und 300 MHz (Meterwellen) verteilt. Hierbei ergibt sich insofern eine Komplikation, als Fernsehgeräte gegenwärtig nicht unmittelbar auf alle vorgesehenen Kanäle abstimmbare sind. Das erweiterte Programmangebot macht es nämlich erforderlich, außer den Standard-Fernsehkanälen im VHF-Bereich (sie erfaßt der Kanalwähler des Fernsehgerätes) Sonderkanäle zu belegen.

Zu ihrem Empfang schaltet man zwischen Teilnehmeranschluß und Fernsehgerät einen Konverter, der die Sonderkanäle auf für direkten drahtlosen Empfang nunmehr nicht benötigte Kanäle im UHF-Bereich umsetzt, oder man stattet die Empfänger künftig von vornherein mit KTV-Kanalwählern aus, die neben den Standard- auch Sonderkanäle unmittelbar einzustellen erlauben.

CATV erlangte zunächst in den USA und in Kanada Verbreitung (in Kanada sind schätzungsweise 50 Prozent aller Stadthaushalte verkabelt). Das hat nicht allein technische Gründe.

Man erhoffte sich vom Kabelfernsehen, bei dem die Teilnehmer eine Anschluß- und in der Folge eine laufende Gebühr entrichten müssen, nicht nur eine Erweiterung, sondern vor allem eine Verbesserung der allgemein gebührenfreien und nur durch Werbung finanzierten nordamerikanischen Programme. Bereits nach kurzer Zeit zeigte sich, daß dieser Wunsch nicht voll erfüllt werden konnte. CATV-Netze auf dem nordamerikanischen Kontinent werden nach kapitalistischen Prinzipien betrieben – sie sollen Dollars einspielen.

In Europa wurden (bis 1981) CATV-Netze in Holland, Belgien, Frankreich, England, der Schweiz und Österreich eingerichtet. In anderen Staaten läuft die Felderprobung. Es wird heute kaum noch eine Groß-Gemein-

schaftsantennenanlage geplant oder ausgeführt, die nicht weitgehend KTV-vorbereitet ist.

Auch Sonderformen des CATV existieren. In einigen nordamerikanischen Netzen wurde das »Pay-Television« (frei übersetzt: Fernsehen, für das – sofort – zu zahlen ist) eingeführt. Für hochwertige, nicht durch Werbespots unterbrochene Filme, aber auch für Fernlehrgänge usw. zahlt der Fernsehteilnehmer gesondert jeweils für die Zeit(en) der Sendung(en).

Gegen »Schwarzsehen« gibt es technische Sondermaßnahmen. Das Programm wird beim Sender mit einem sogenannten elektronischen Scrambler durcheinandergeschüttelt und erscheint unkenntlich auf den Empfängerbildschirmen. Erst wenn in ein Zusatzgerät eine Münze gesteckt oder eine einem Busfahrchein ähnelnde Programmkarte zur Entwertung eingeführt wird, tritt ein Descrambler im Empfänger in Tätigkeit und läßt das Bild klar erscheinen.

Als besonders zugkräftige Nuance hat man ausgedacht und ausgeführt: Der »gute« Film wird zwei oder drei Minuten lang unverwirrt gesendet, etwa bis zum ersten für den Zuschauer interessanten Höhepunkt. Dann wird in eine Bildschirmecke die Zahlungsforderung eingeblendet. Widersteht der Zuschauer dieser Aufforderung (und bei welchem spannenden Film täte er das...), löst sich einige Sekunden später das Bild in ein Gewirr von hellen und dunklen Linien auf.

Manche Sendungen sollen nur einem bestimmten Personenkreis zugänglich sein. Genannt werden in der westlichen Fachpresse medizinische Demonstrationen und (uns sollte das nicht überraschen) Wirtschafts- und »Arbeitsgeber«informationen.

Der Abonnent steckt eine mit magnetischen Kennzeichen versehene individuelle Karte in den Schlitz seines Zusatzgerätes. Dieses fragt über das CATV-Netz bei einem mit der Kopfstation verbundenen Computer nach, ob der Teilnehmer empfangsberechtigt ist und – ob er seine Gebühr pünktlich entrichtet hat. Dann und nur dann schaltet sich beim Teilnehmer der Descrambler ein, das Programm kann verfolgt werden.

Diese »Errungenschaften« einer profitinteressierten

Gesellschaftsordnung könnten wir vergessen, wenn sie nicht auch technisch interessant wären:

Das CATV-Netz ist hier nicht nur Einbahnstraße zwischen Kopfstation und Teilnehmer. Es ermöglicht *Zweiweg-Kommunikation*. Der Fernsehteilnehmer kann sich über einen *Rückkanal* mit der Kopfstation in Verbindung setzen, um bestimmte Programme und Informationen abzurufen und auf dem Bildschirm verfolgen zu können.

Diese Methode, technisch und organisatorisch ausgebaut, birgt vielfältige Erweiterungsmöglichkeiten für das Informationsangebot und den Informationsaustausch (s. Seite 65).

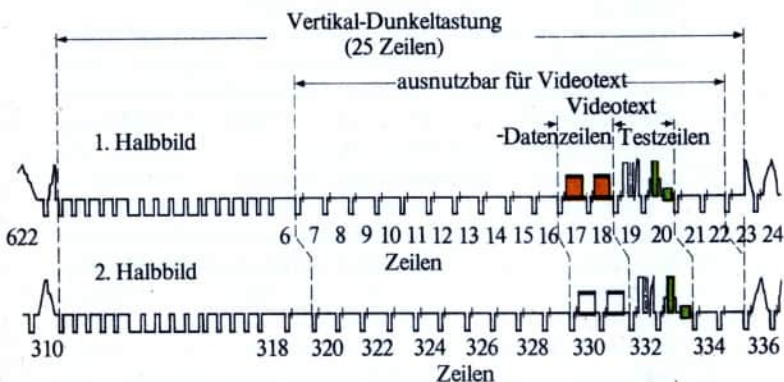
Lücken werden nicht mehr verschenkt

Der Bildschirm kann nicht nur Fernsehprogramme wiedergeben. Wir können ein Zusatzgerät für Telespiele an das Fernsehgerät anschließen, mit einem Videorecorder selbst Programme speichern oder gespeicherte Programme beliebig oft wiederholen. Manche Fernsehhempfänger sind für den Anschluß einer privaten Fernsehkamera eingerichtet, mitunter ersetzt der Fernsehbildschirm sogar schon den Schmalfilmprojektor.

In die Fernsehübertragung selbst lassen sich gleichfalls weitere, abrufbare Informationen einbauen, und zwar durch teilweises Füllen der Austastlücken.

Das bewegte Fernsehbild entsteht, indem von einem bzw. drei Elektronenstrahl(en) (bei Farbfernsehen) in jeder Sekunde zeilenweise 50 Halbbilder auf den Bildschirm geschrieben werden. Die Halbbilder enthalten abwechselnd die ungeradzahligen und die geradzahligen Bildzeilen; beide werden zum Gesamtbild ineinandergefügt (durch dieses Zeilensprungverfahren wird das sonst störende Bildflimmern erheblich vermindert). Am Ende jedes Halbbildes muß die schreibende Spitze des Elektronenstrahls aus der rechten unteren in die linke obere Ecke des Bildschirms zurückgeführt werden.

Während dieser Zeitspanne wird der Elektronenstrahl mit Hilfe von Steuersignalen vom Sender »dunkelgetastet«, dem Zuschauer vor dem Bildschirm wird keine In-



Einordnen von Videotext-Datenzeilen in die Austastlücke beim Halbbildwechsel

formation übermittelt. 6 Prozent der Halbbilddauer von 20 ms bleiben so zum größten Teil praktisch ungenutzt.

Dieses Verschenken von Übertragungszeit mußte geradezu zahlreiche Techniker auf den Plan rufen. Allein von 1973 bis 1975 wurde ein Dutzend Verfahren zur Übertragung von Schriftzeilen, Untertiteln und anderen Informationen während der Austastlücken beim Halbbildwechsel vorgestellt.

Gegenwärtig lassen sich zwei unterschiedliche Gruppen feststellen. Bei der einen kann jeder Fernsehteilnehmer, dessen Gerät entsprechend eingerichtet ist, die zusätzlichen Informationen empfangen. Sie werden vom Fernsehsender mit ausgestrahlt. Bei der zweiten Gruppe muß der Empfänger außerdem mit dem Fernsprechnetz verbunden werden; denn dieses transportiert die zusätzlichen Informationen.

Zur ersten Gruppe zählt das als besonders aussichtsreich geltende, in verschiedenen Staaten seit Jahren erprobte und eingeführte *Teletext-* oder *Videotextsystem*.

An ganz bestimmten und festliegenden Stellen während der Austastlücken überträgt der Fernsehsender ab-

schnittsweise und in periodischer Wiederholung ein Informationsangebot von z. B. 100 Seiten oder Tafeln, die aus einem auswechselbaren, veränderbaren und zu ergänzenden Magazin beim Sender abgerufen und in Form eines Impulskodes übertragen werden. Dabei ist das Abrufen genaugenommen jedoch nur eine Auswahl aus dem vorhandenen Magazin, eine Wunschübermittlung etwa durch Impulse vom Empfänger zum Sender findet nicht statt. Die Seite kann gegenwärtig 24 Schriftzeilen zu 40 Zeichen (oder auch einfache grafische Darstellungen) umfassen. Die Gesamtkapazität eines Magazins beträgt 96 000 Zeichen, also fast 50 Schreibmaschinenseiten. Das Übertragen einer Seite dauert 0,24 s. Im ungünstigsten Fall muß also der Fernsehteilnehmer 24 s auf eine Seite warten.

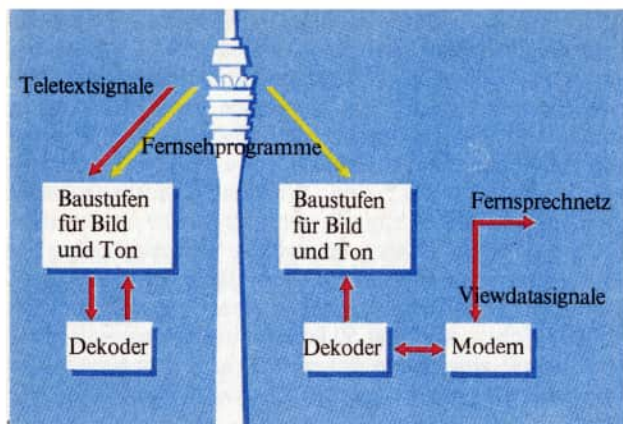
Zur Teletextdarstellung ist im Fernsehempfänger ein spezieller Dekoder erforderlich. Er enthält mehrere mikroelektronische Großschaltkreise, wird dem Gerät zugeschaltet oder ist von vornherein in dieses integriert.

Der Dekoder trennt die Teletextdaten vom Bildsignal und überträgt die gewählte Seite in den sogenannten Seitenspeicher. Dieser wieder steuert einen Zeichengenerator, der das Schreiben der Textzeilen oder Darstellungen auf dem Bildschirm übernimmt.

Durch Tastendruck wählt der Teilnehmer die ihn interessierende Seite. Um die Auswahl zu erleichtern, wird in kurzen Abständen das Inhaltsverzeichnis des Magazins gesendet.

Der Bedienkomfort ist hoch. Man kann eine Magazinseite beliebig lange auf dem Bildschirm stehenlassen oder sie nach einstellbarer Zeit selbsttätig umblättern lassen. Die Teletextdarstellungen können entweder für sich erscheinen oder in das (dann abgeschwächte) Fernsehbild eingeblendet werden. Aktuelle Schlagzeilen können sofort bei ihrem Anfallen in das laufende Fernsehprogramm eingerückt werden.

Das Teletext-Programmangebot umfaßt unter anderem Nachrichten, Wetter- und Sportberichte, Veranstaltungs-, Bus- und Bahnfahrpläne, Verkehrslagemeldungen, Einkaufstips und Kleinanzeigen. Künftig wird es möglich sein, aus mehreren Magazinen zu wählen und so das An-



Teletextsignale kommen vom Sender, Viewdatasignale kommen per Telefon.

gebot zu erweitern. Das bedeutet unter anderem, daß bei Synchronisation zwischen Fernsehbild und Teletext, die technisch keine Schwierigkeiten bringt, Filme in einer Fremdsprache mit Untertiteln des Empfängerlandes versehen werden können. Eine Variante hilft Gehörgeschädigten: Erläuternde Untertitel zu Fernsehsendungen werden es ihnen erheblich erleichtern, dem Geschehen auf dem Bildschirm zu folgen.

Übrigens lassen sich in die Austastlücken statt Teletext auch Tonsignale einordnen, und das sogar für mehrere Programme gleichzeitig. Sollte sich das Verfahren durchsetzen, könnte man Fernsehsendungen mehrsprachig ausstrahlen oder kommentieren.

Der Teletextteilnehmer ist in seiner Programmauswahl auf den Inhalt der Magazine angewiesen. Ein weiteres Verfahren, *Bildschirmtext* (auch *Viewdata*) genannt, bietet weitergespannte Möglichkeiten an. Allerdings muß hier der Teilnehmer zusätzlich an das Fernsprechnetz angeschlossen sein, weil die Bildsignale für Viewdata nicht vom Sender, sondern auf dem Drahtwege zum Teilnehmer gelangen.

Außer dem Dekoder (er ähnelt in wichtigen Baustufen

dem für Teletext) ist zwischen Fernsprechananschluß und Empfänger noch ein *Modem* zu schalten, ein Hilfsgerät, das die über die Leitung kommenden Signale in eine empfängergerechte Form bringt.

Kernstück des Viewdata ist ein systemeigener Computer, der mit weiteren Rechnern und Datenbanken im Verbund arbeiten kann.

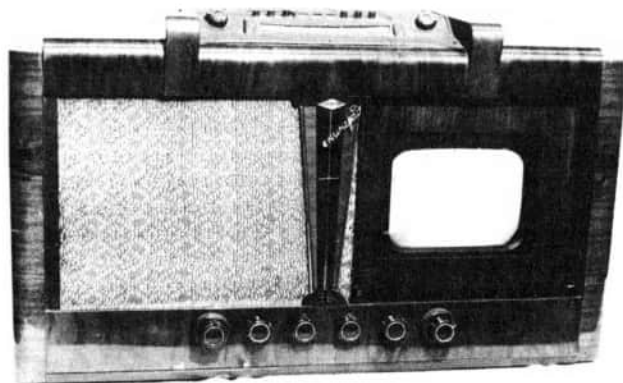
Mittels eines Bediengerätes fordert der Teilnehmer den ihn interessierenden Bildschirmtext beim Computer an. Die Leistungsfähigkeit hängt im wesentlichen vom Speichervermögen des Computers ab, übertrifft also Teletext bei weitem. Außerdem kann der Teilnehmer in gewissem Umfang in Dialogverkehr mit dem Computer treten. Es besteht sogar die Möglichkeit, anderen Teilnehmern über den Computer kurze Mitteilungen zukommen zu lassen – ein Kunstgriff, der uns dem häuslichen Kommunikationszentrum einen Schritt näher bringt.

Und übermorgen das Heiminformationszentrum?

Fernseh-Ton-Truhen zierten Wohnungen, lange bevor der Begriff *Heiminformationszentrum* jemals niedergeschrieben wurde. Diese recht unterschiedlich, manchmal auch skurril gestalteten »Möbelstücke« enthielten Fernsehempfänger, Rundfunkgerät, oft ein Tonbandgerät und einen Plattenspieler. Ihre Konzeption blieb umstritten. Einerseits begrüßten Eigentümer das Wegfallen zahlreicher Verbindungsleitungen, andererseits war es oft ein Problem, in Wohnungen einen Platz zu finden, der für Fernsehen, Tonwiedergabe und Bedienbarkeit gleichermaßen geeignet war.

Gegenwärtig wiederholt sich ähnliches. »Kompaktanlagen«, »Informationstürme« oder wie immer Werbeschriften oder Ausstellungsberichte Anlagen nennen, die Plattenspieler, Magnetbandgerät, Kassettenrecorder, Stereosteuergerät und mitunter auch den Fernsehempfänger vereinen, sind im Angebot.

Die Ansichten über die Zweckmäßigkeit solcher konzentrierten Heimelektronik gehen wiederum auseinander,



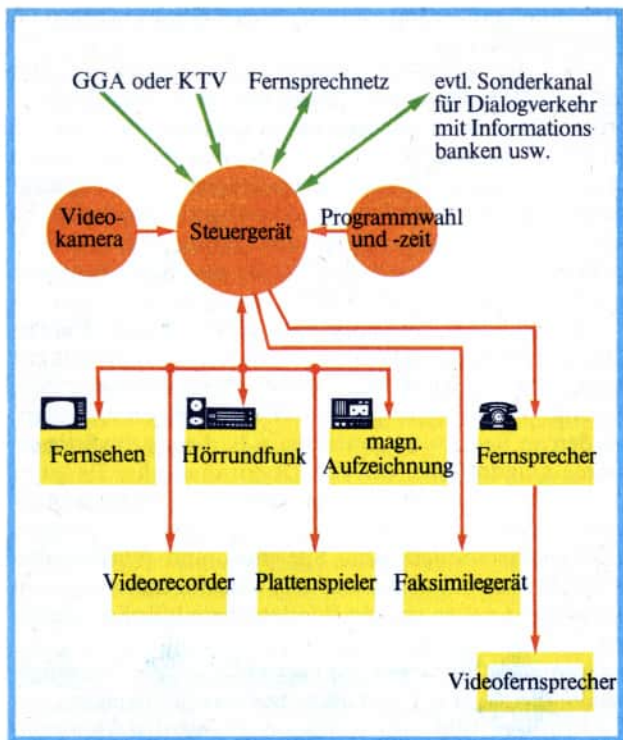
Rund 30 Jahre alt und schon vergessen: die Fernseh-Rundfunk-Kombination. Hier das erste in der DDR ab 1951 nach sowjetischen Konstruktionsunterlagen in Radeberg gebaute Gerät (Technisches Museum Dresden)

und das kann bei verschiedenen Geschmacksrichtungen und Wohnungsgrundrissen und -einrichtungen nicht anders sein.

Übersehen wir aber nicht: Der Fortschritt der Technik drückt sich in solchen Geräten sehr wohl aus. Masse und Maße sind gesunken, Zuverlässigkeit und Bedienkomfort vervielfachten sich. Das voluminöse Gehäuse, das auch in Fernseh-Ton-Truhen die Lautsprecher aufnehmen und für das bei Röhrentechnik unumgängliche Kühlvolumen sorgen mußte, wich dem erst durch die Halbleitertechnik möglich gewordenen flachen Steuergerät.

Abstimm- und Einstellvorgänge laufen weitgehend selbsttätig ab, nachdem wir einen Knopf drückten oder eine Sensortaste berührten. Kanal- und Frequenzangaben werden digital (und, wie früher, analog) angezeigt, das Speichern beliebiger Aufnahmen erledigt sich fast von selbst, mit Hilfe einer häufig eingebauten Schaltuhr sogar während unserer Abwesenheit.

Techniker denken schon an morgen und übermorgen. Ihnen schwebt ein Heiminformationszentrum vor, das alle gegenwärtig existierenden und künftig einzuführenden Kommunikationsmöglichkeiten jedermann zugäng-



Zum Beispiel aus diesen Komponenten könnte ein Heiminformationszentrum bestehen.

lich macht. Die dazu erforderlichen Geräte müssen nicht etwa in *einem* Schrank vereint sein. Aber ihre Funktionen werden sich von einem aus wenigen integrierten Schaltkreisen und einem Mikroprozessor zusammengesetzten Steuergerät aus bedienen und koordinieren lassen. Wahrscheinlich sind wir damit nicht einmal an einen festen Platz gebunden, sondern benutzen eine Infrarot- oder Ultraschallfernsteuerung, wie sie für Spitzengeräte der Heimelektronik üblich ist.

Was würde zu einem solchen Heiminformationszentrum gehören? Was könnte es leisten? Das Bild, von

Fachleuten entworfen, ist bunt, vielgestaltig und reich an Einzelheiten.

Über eine Groß-Gemeinschaftsantennenanlage oder ein Kabelfernsehsystem können wir zahlreiche Fernsehprogramme in ausgezeichneter Qualität empfangen, gleich, ob sie von Fernsehsendern stammen, von einem Satelliten ausgestrahlt, in einem lokalen Studio erzeugt oder aus einem zentralen Speicher abgerufen werden. Es versteht sich, daß diese Programme farbig sind, und es ist nicht unwahrscheinlich, daß wir für den Begleittest eine von mehreren Sprachen wählen können.

Ähnlich liegen die Dinge beim Hörrundfunk. Ein reiches Angebot an UKW-Stereoprogrammen steht uns zur Verfügung. Auch Übertragungsverfahren, die eine weitere Annäherung an naturgetreue Wiedergabe ermöglichen, werden an Bedeutung gewinnen, z. B. die gegenwärtig erprobte Quadrofonie, die vier Übertragungskanäle (statt zwei bei Stereophonie) und entsprechend höheren Aufwand benötigt.

Selbstverständlich sind Speicher- und Wiedergabemöglichkeiten für akustische und visuelle Informationen ebenso vorgesehen wie ein Wiedergabeteil für Schallplatten.

Gegenüber Verfahren wie Viewdata sind die Nutzungsmöglichkeiten von Computern bedeutend erweitert.

Abrufbare Bildungsinformationen, vom Bekanntmachen mit neuen Erzeugnissen und Verfahren bis zu Fernkursen, sprach- und naturwissenschaftlichen Lehrgängen, postgradualer Weiterbildung usw., könnten vor allem in den sozialistischen Ländern Bedeutung erlangen. Dabei gestattet es der zweiseitige Signalverkehr, Kontrollfragen zu beantworten, Rückfragen zu stellen usw.

Die Bedeutung der Bibliotheken wird sich durch die Heiminformationszentren nicht vermindern – eher wird das Gegenteil der Fall sein, da wir uns über Themen und Veröffentlichungen, über Autoren und bibliographische Hinweise ohne Zeitverzug im Dialogverkehr informieren können und die uns übermittelten Wiedergaben von Auszügen, Abbildungen usw. zu weiterer Lektüre anregen dürften. Auch Literaturrecherchen sind auf diese Weise mit geringem Zeitaufwand durchführbar.

Die erbetenen Informationen erhalten wir über Bildschirm oder auch Lautsprecher, wir können sie zur späteren Verwendung oder Wiederholung speichern.

Gehört, was häufig der Fall sein wird, ein Faksimilegerät zum Heiminformationszentrum, können wir von uns interessierenden Dokumenten, Zeichnungen usw. dauerhafte Kopien anfordern und erhalten.

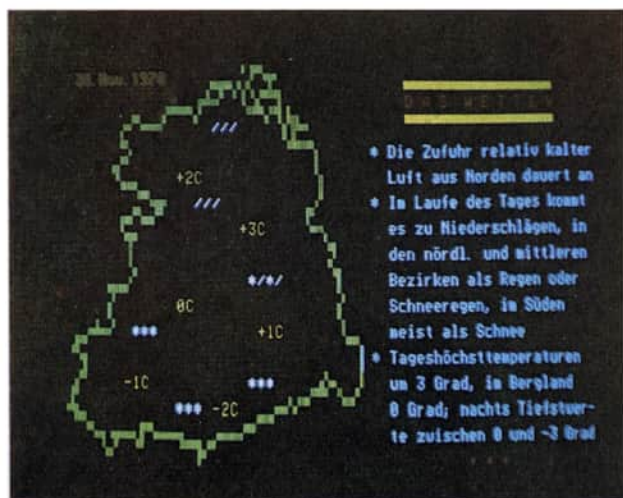
Das Faksimilegerät taucht häufig auch in einem anderen Zusammenhang mit Heiminformationszentren auf. Zwischen Teilnehmern könnte Schriftverkehr durch elektronische Post ersetzt werden. Ein zunächst ungewöhnlicher Gedanke: Der Absender schreibt wie gewohnt eine Glückwunschkarte oder einen Brief. Statt sie zum Briefkasten zu tragen, gibt er sie seinem Faksimilegerät ein und wählt die Verbindung zu seinem Partner. Dessen Faksimilegerät legt eine genaue Kopie vor.

Dies mag ein Sonderfall sein. Wem er zu unpersönlich erscheint, der erinnere sich, wie oft er schon ein weit formaleres Glückwunschtelegramm (häufig sogar per Telefon) aufgab. Unbestritten ist der Nutzen der Faksimilemethode für dienstlichen und wirtschaftlichen Schriftverkehr. Beförderungs- und Zustellzeiten entfallen, der Briefzusteller kann eine interessantere und physisch weniger anstrengende Tätigkeit ausüben. Auch die Papierersparnis ist nicht zu übersehen (keine Durchschläge, da das Original dem Absender verbleibt).

Übrigens erfährt in Zusammenarbeit mit Heiminformationszentren auch der Gedanke des Videotelefons erneut Auftrieb; nicht, weil man etwa Familientreffen durch eine Konferenzschaltung ersetzen könnte, aber Videokonferenzen zwischen Wissenschaftlern, Technikern, Ingenieuren, Ärzten usw., ein unmittelbarer Erfahrungsaustausch zwischen Fachleuten, wären zweifelsohne oft sehr nützlich.

Werfen wir einen Blick auf die Auswahl der tausend weiteren Möglichkeiten, die ein Heiminformationszentrum noch anzubieten hätte.

Der Stand von Wasser- und Energiezähler wird selbsttätig periodisch abgelesen und zur Rechnungslegung weitergeleitet. Die Abbuchung geschieht wie bisher von unserem Konto. Selbstverständlich können wir jederzeit die



So etwa könnte ein über das Heiminformationszentrum angeforderter Wetterbericht aussehen.

Abrechnung, Energie»schulden« oder »-guthaben« abfragen.

Telefongespräche werden gezählt, auf Wunsch erfahren wir sofort, wieviel ein Ferngespräch kostete oder welche Fernsprechgebühren in einem bestimmten Zeitraum anfielen.

Es ist überflüssig, zur Bank zu gehen, um eine Überweisung auszufüllen oder den Kontostand zu erfragen. Wir erledigen das über das Bediengerät des Heiminformationszentrums. Auf Wunsch werden uns Kontoauszüge übermittelt. Um Fehler oder Mißbrauch zu verhindern, könnte für den Dialog mit der Bank eine zusätzliche Sicherung vorgesehen werden – etwa in Form einer zwischen beiden Partnern vereinbarten und nur ihnen bekannten Kodegruppe. Zu Beginn der Verbindungsaufnahme zwischen Bank und uns wird die Richtigkeit der Kodegruppe geprüft. Als Benutzer bemerken wir von dieser Identifizierung überhaupt nichts.

Fernsehkameras und Mikrofon im Kinderzimmer wer-

den aufpassen, ob unser Nachwuchs schläft, spielt oder seine Hausaufgaben erledigt. Eine ähnliche, fernsteuerbare Kamera ließe sich im Garten oder am Spielplatz installieren.

Sensoren werden über das Informationszentrum davon unterrichten, ob Garagentor, Fenster und Türen geschlossen sind, ob in einem Raum unnormale Temperaturen auftreten, das Licht versehentlich brennen blieb, ein unerwünschter Besucher einzudringen versucht.

Berühren einer Sensortaste würde genügen, um bei Notfällen Arzt, Krankenwagen, Polizei oder Feuerwehr zu alarmieren, wobei der Gerufene selbsttätig die Anschrift mitgeteilt bekommt. Man denkt auch daran, Einzelheizungen und Warmwasserversorgungen vom fernen Computer aus bedienen zu lassen und erhofft sich dadurch Energieeinsparung.

Ob es unbedingt nötig ist, den Rasensprenger selbsttätig in Betrieb zu setzen, nachdem Sensoren die Notwendigkeit dazu festgestellt haben, ob eine automatische Tätigkeit des Rasenmähers, ferngesteuert und am Bildschirm kontrolliert, wichtig (und für den Besitzer gesund) ist, sei dahingestellt. Immerhin zeigt sich, wie vielseitig ein Heiminformationszentrum sein kann.

Nützlich dagegen wäre es, den häuslichen Bildschirm für Warenbestellungen heranzuziehen. Wir könnten z. B. uns interessierende Warengruppen von Kaufhäusern usw. auch auf dem Bildschirm betrachten, wobei alle für den Kunden wichtigen Angaben über Abmessungen, Material, Preis usw. mit eingeblendet werden. Sogar eine Beratung im Dialog läge im Bereich der Möglichkeiten. Die Bestellung liefе selbstverständlich ebenfalls über das Heiminformationszentrum.

Eine Programmschaltuhr mit zahlreichen Einstellmöglichkeiten (bis zum Wecker) wird das Heiminformationszentrum ebenfalls enthalten. Für eine Woche oder länger werden wir das Speichern aller für uns wichtigen Hör- und Fernsehsendungen, aller Fernkurse, Informationen vorprogrammieren. Auch zu bestimmten Zeiten gewünschte oder sich wiederholende Ferngespräche stellt die Schaltuhr her.

Es gibt noch weitergehende Vorschläge: Fernsehsender

könnten in den Austastlücken (vgl. S. 59) für jedes Programm eine Kennung als Impulsgruppe ausstrahlen. Sie schaltet im Heiminformationszentrum den Videorecorder ein. In den Programmzeitschriften wird in einer Spalte neben den Programmen ebenfalls eine (Strich-)Kennung abgedruckt. Ein mit dem Heiminformationszentrum verbundener »Lichtstift« (von Datenverarbeitungsanlagen bekannt) wird einfach über die Zeitschriftenkennungen der im Laufe einer Woche gewünschten Programme geführt, und schon erhalten Empfänger und Recorder über einen Programmspeicher zur richtigen Zeit den Befehl: Einschalten! Doch nicht genug damit: Mit dieser Methode wäre es sogar möglich, die Programmviefalt dadurch zu erhöhen, daß Fernsehsender »rund um die Uhr« strahlen, auch nachts. Die Programme würden aufgeführt, durch Abtasten ihrer Zeitschriftenkennung erfaßt und liefen zu jeder nur gewünschten Zeit vom Videorecorder aus über den häuslichen Bildschirm. Eine verrückte Idee? Vielleicht – aber nicht wenige »verrückte Ideen« wurden inzwischen technische Realität.

Damit Heiminformationszentren voll wirksam werden können, müssen sie mit allen Datenquellen durch ein leistungsfähiges Übertragungsnetz verbunden sein, ein Netz, das in Struktur und Verästelung den großen Verbundnetzen der Energieversorgung ähnelt.

Dieses Netz müßte Heiminformationszentren, Fernmeldeämter, Banken, Kabelfernsehkopfstationen, Rechner, Datenbanken, Bibliotheken, Kaufhäuser, Not- und Auskunftsdienste usw. einschließen. Es müßte gleichzeitig und in beiden Richtungen zahlreiche Fernseh- und Hörrundfunkprogramme, Sonderprogramme des Kabelfernsehens, Signale zur Daten- und Faksimileübertragung, Ferngespräche usw. übermitteln können.

Das ist nur mit *Breitband-Kommunikationsnetzen* denkbar, zusammengesetzt aus Nachrichtenwegen, die gleichzeitig eine sehr große Anzahl unterschiedlichster Informationen befördern können. Solche Netze existieren bislang nur als Versuchsausführungen. Sie lassen erkennen, daß wahrscheinlich in diesem Bereich eines der großen künftigen Anwendungsgebiete der Lichtleiter-Nachrichtenübertragung liegen wird.

Heiminformationszentren des beschriebenen Umfangs sind vorerst noch ein technischer Traum. Er enthält allerdings keinerlei unrealisierbare Elemente. Seine Verwirklichung wird und kann aus technischen und ökonomischen Gründen nur schrittweise möglich sein und wird einen längeren Zeitraum (man schätzt 20 Jahre) beanspruchen.

Verschweigen wir jedoch nicht, daß auch Bedenken angemeldet werden: Könnte das Heimkommunikationszentrum nicht zur Verarmung direkter menschlicher Kontakte führen? Diese Gefahr liegt nahe, und sie ist – so ist die Ansicht des Autors – nicht zu unterschätzen. Nur eine nicht auf Profit orientierte Gesellschaftsordnung wird ihr zu begegnen wissen.

Nachrichtensatelliten: 1945 Utopie

»Wireless World« – Oktober 1945

Bei den Bestrebungen, mehr und zuverlässigere Nachrichtenverbindungen verfügbar zu machen, begegneten und begegnen uns immer wieder zwei Grundgedanken: Bekanntes soll verbessert und ausgeschöpft, Neues erschlossen und angewendet werden.

Die technischen Folgerungen reichen weit. In der leitungsgebundenen Nachrichtentechnik zwingen sie zum Übergang auf Koaxial- und in der Perspektive wahrscheinlich auf Glasfaserkabel.

In der drahtlosen Nachrichtentechnik brachten sie den Übergang von Meter- auf Dezimeter- und Zentimeterwellen. Von dieser drahtlosen Übertragung soll im folgenden die Rede sein.

Richtfunkstrecken, UKW-Hörrundfunk- und Fernsehsender müssen immer wieder mit dem gleichen Problem fertig werden: der durch Erdkrümmung und nahezu geradlinige Ausbreitung bedingten begrenzten Reichweite sehr kurzer Radiowellen. Sie macht es nötig, für die Versorgung eines Landes selbst mit nur einem Programm zahlreiche Fernsehsender zu errichten.

Es hat daher, neben Nutzung der durch die Gestalt der Erdoberfläche gebotenen Möglichkeiten, nicht an Vorschlägen und Versuchen gefehlt, eine Horizonterweiterung mit technischen Mitteln zu erreichen.

Türme oder Masten sind eine nur bescheidene Hilfe. Selbst unter Berücksichtigung der Tatsache, daß der Radiohorizont etwas hinter dem optischen Horizont liegt, ergibt sich für den Moskauer Fernsehturm (537 m) nur eine

Reichweite von 95 km, für die höchsten Stahlgittermasten (um 650 m) von 105 km, bezogen auf Empfangsantennen in unmittelbarer Bodennähe. Um 200 km zu überbrücken, brauchte man einen technisch gegenwärtig nicht realisierbaren Turm oder Mast von fast 2400 m Höhe.

Manchmal wurden daher – z. B. auf den Bahamas – Fernsehsender und ihre Antennen einem in mehrere tausend Meter Höhe aufgelassenen Fesselballon als Nutzlast angehängt. Der Ballon ist mit Helium gefüllt, durch sein Halteseil verlaufen gleichzeitig die Leitungen für Energie- und Signalzulieferung zum Sender. Größere Bedeutung erlangte dieses Verfahren jedoch nicht.

Bei den sogenannten Streustrahlverbindungen, mit deren Hilfe sich in Richtfunksystemen Funkfelder bis zu 2000 km überbrücken lassen, geht man davon aus, daß schräg nach oben ausgestrahlte Funkwellen an Unstetigkeitsstellen der Troposphäre oder Ionosphäre zerstreut werden. Dabei gelangt ein geringer Teil der gestreuten Sendeenergie auch zum entfernten Empfänger.

Wegen der nicht genügend stabilen Verbindung (die Streuung schwankt ständig und unregelmäßig) und des hohen Aufwandes, z. B. umfangreicher Antennenanlagen und über fünfzigfach größerer Sendeleistung als bei Richtfunkstrecken, bleibt dieses Verfahren auf Sonderfälle beschränkt, etwa zur Überbrückung größerer Wasserstrecken.

Erwähnt seien schließlich Versuche, den Mond als eine Art riesigen Umlenkspiegel in Richtfunkverbindungen einzuschalten. Ein Funkstrahl wurde zum Mond gerichtet, dort reflektiert, und er gelangte teilweise zur Erde und an den Empfangsort zurück. Nachrichtentechnische Bedeutung gewannen diese Experimente nicht.

Der Vorschlag, dem wir nach der Erschließung des Kurzwellenbereichs die bisher wichtigste Wandlung im internationalen Nachrichtenverkehr verdanken, stammt noch aus der Zeit vor diesen Versuchen. In der renommierten Fachzeitschrift »Wireless World« (»Drahtlose Welt«) schlug im Oktober 1945 der britische Wissenschaftspublizist A. C. Clarke außerirdische Relaisstationen (Extra-terrestrial relays) für den Nachrichtenfernverkehr vor.

Künstliche Erdbegleiter, mit Empfangs- und Sendeeinrichtungen ausgestattet, sollten im erdnahen Weltraum stationiert werden, Sendungen von Bodenstationen aufnehmen, verstärken und über große Entfernungen Empfangsstationen am Boden zustrahlen. Aus mehreren Satelliten müßte sich, so Clarke, ein weltumspannendes Nachrichtennetz aufbauen lassen.

Clarkes Aufsatz wurde viel beachtet. Manchen, und gerade Fachleuten, erschienen seine Vorschläge allerdings phantastisch in einer Zeit, da noch keine Raumfahrttechnik existierte, da es noch nicht einmal gelungen war, auch kleinste Körper von der Erde aus auf eine Umlaufbahn zu befördern.

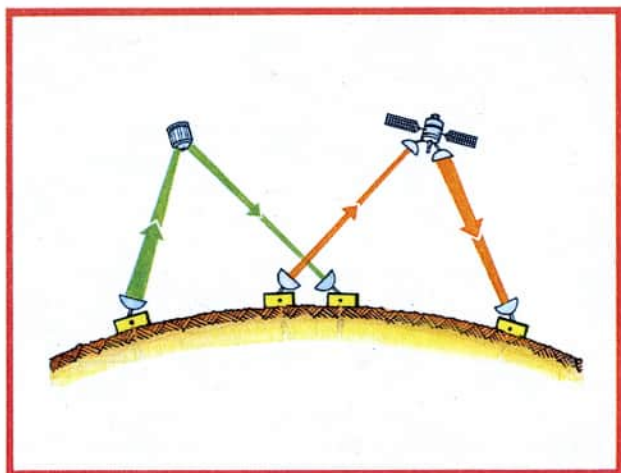
Seitdem sind keine vier Jahrzehnte vergangen. Nachrichtensatelliten gehören ebenso wie Satelliten für andere Aufgaben fast zum technischen Alltag.

Welche Bedeutung Nachrichtenverbindungen über Satelliten sehr bald beigemessen wurde, geht daraus hervor, daß ein knappes Jahr nach dem Start von Sputnik 1 (Oktober 1957) ein Signalübertragungsversuch aus einer Umlaufbahn (Übersetzung der englischen Abkürzung SCORE) mit einer Atlasrakete (USA) unternommen wurde, in die man Geräte für militärische Funkübertragungsversuche eingebaut hatte.

Im August 1960 wurde für zivile Zwecke der Ballonsatellit ECHO 1 A gestartet. Er bestand aus einer mit einem hauchdünnen und gut reflektierenden Aluminiumfilm belegten Plasthülle, die sich durch in ihr verdampfende Substanzen auf Kugelform von etwa 30 m Durchmesser aufblies.

ECHO 1 A war ein sogenannter *passiver Nachrichtensatellit* ohne elektronische Bordeinrichtungen zur Nachrichtenweitergabe. Er hatte die Funktion eines Spiegels, nicht die einer Relaisstation. Während seines jeweils etwa zweistündigen Umlaufs in rund 1600 km Höhe konnte Verbindung zwischen Stationen am Boden aufgenommen werden, in deren Sichtbereich sich der Satellit gerade bewegte. Sende- und Empfangsantennen mußten der Satellitenbewegung nachgeführt werden.

Die mit ECHO 1 A und seinem Nachfolger durchgeführten Experimente, an denen zeitweilig auch die



Ein passiver Nachrichtensatellit (links) wirkt nur als Spiegel – ein aktiver (rechts) verstärkt die empfangenen Signale.

UdSSR und Großbritannien beteiligt waren, erwiesen zwar die prinzipielle Möglichkeit einer Nachrichtenübertragung über künstliche Erdbegleiter, bestätigten aber zugleich die Vermutung, daß passive Nachrichtensatelliten nicht die Grundlage eines technischen und betriebsmäßigen Anspruchs genügenden Nachrichtenverkehrs über Satelliten sein können.

Alle heute für Fernmeldezwecke betriebenen Satelliten sind mit Empfangs- und Sendeeinrichtungen ausgerüstete Relaisstationen, zählen zu den *aktiven Nachrichtensatelliten*, wie A. C. Clarke sie vorgeschlagen hatte.

Wenige Tage nach dem Start von ECHO 1 A versuchten die USA, einen aktiven Nachrichtensatelliten auf eine Erdumlaufbahn zu bringen (Courier 1 A). Der Versuch scheiterte jedoch wegen eines Fehlstarts. Erst mit Hilfe des Nachfolgers Courier 1 B konnten die Experimente aufgenommen werden.

Courier 1 B war ausschließlich für militärische Aufgaben vorgesehen. Er speicherte von der Erde überspielte Fernschreiben, Texte und Bilder auf Magnetband. Von

Bodenstationen konnten gespeicherte Nachrichten abgerufen, gelöscht und durch neue ersetzt werden. Auch Courier 1 B umlief, wie ECHO 1 A, den Erdball auf einer gegen den Äquator geneigten Bahn und erforderte ständige Nachführung der Bodenantennen. Bereits nach einem guten Monat verstummte der für etwa ein Jahr Betriebszeit vorgesehene Satellit für immer.

Die folgenden fünf Jahre sind durch zahlreiche Experimente mit zivilen Nachrichtensatelliten gekennzeichnet. Zu ihnen gehört TELSTAR (Juli 1962), mit dem Ferngespräche, Schwarz-Weiß- und Farbfernsehübertragungen übermittelt wurden; zu ihnen zählen Satelliten der sowjetischen »Kosmos«-Reihe und die Satelliten der amerikanischen SYNCOM-Serie (1963/64), mit deren Hilfe Fernsehsendungen bzw. über 2000 Ferngespräche gleichzeitig übertragen werden konnten.

Synchrone Satelliten in Spitzenposition

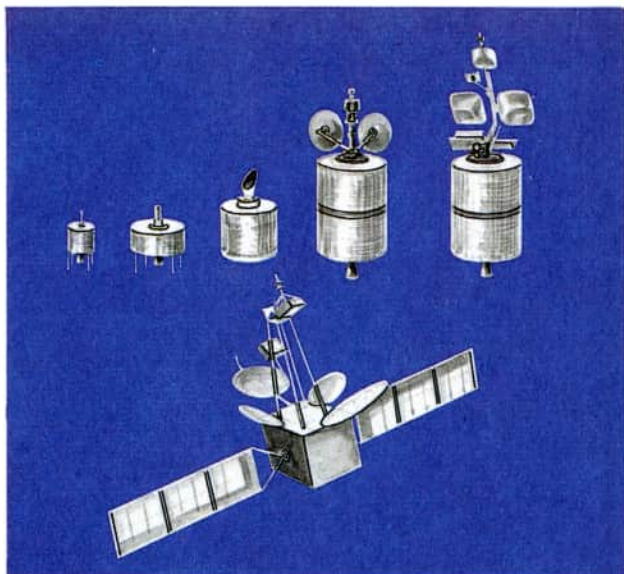
Mit den SYNCOM-Satelliten wurde die wichtige Etappe der *Synchrone Satelliten*, der *geostationären Satelliten*, eingeleitet. Sie vor allem hatten A.C. Clarke vorgeschwebt.

Das bedarf einer Erläuterung. Satellitenbahnen können unter verschiedensten Winkeln zum Äquator verlaufen und von annähernder Kreisform bis zu langgestreckten Ellipsen variieren. Entsprechend ergeben sich auch unterschiedlichste Umlaufzeiten und -höhen.

Unter sämtlichen Satellitenbahnen ist eine besonders ausgezeichnet: Satelliten, deren Bahnen in 35800 km Höhe von West nach Ost über dem Äquator verlaufen, stehen ständig über dem gleichen Punkt der Erdoberfläche. Deshalb nennt man sie *geostationäre Satelliten* oder, weil ihre Umlaufzeit mit der Zeit für eine Erdumdrehung übereinstimmt, *Synchrone Satelliten*.

Allen anderen Satelliten ist gemeinsam, daß sie sich gegenüber einem Beobachter auf der Erde stets bewegen. Diese künstlichen Erdbegleiter heißen daher *nichtgeostationäre Satelliten*.

Zur Zeit der ersten Versuche mit Nachrichtensatelliten beherrschte man das Einschießen der Satelliten in

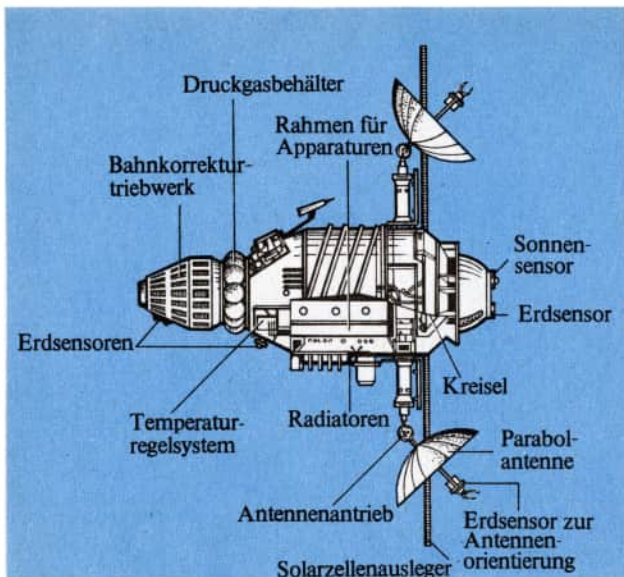


Generationen der INTELSAT-Nachrichtensatelliten

eine vorgegebene Position auf der Synchronbahn noch nicht. Auch die elektronischen Bordausrüstungen und Bodenstationen für die relativ großen Entfernungen Bodenstation–Synchronsatellit–Bodenstation (nahezu 80000 km) genügten den Ansprüchen noch nicht. Daher wurden die Experimente der Anfangszeit mit nichtgeostationären Satelliten angestellt.

Sobald jedoch die Mängel der Anfangsphase überwunden waren, galt das Hauptinteresse stationären Nachrichtensatelliten.

Funkverkehr mit ihrer Hilfe bedarf keiner ständigen Antennennachführung. Sie überblicken maximal ein Gebiet mit einem geozentrischen Öffnungswinkel von etwa 162° . Mit drei über dem Äquator in gleichen Abständen positionierten Nachrichtensatelliten ist die gesamte Erdoberfläche mit Ausnahme höchster nördlicher und südlicher Breiten zu erreichen. Stationäre Nachrichtensatelli-



Ein »Klassiker« unter den Nachrichtensatelliten: sowjetischer Nachrichtensatellit vom Typ Molnija 1

ten behaupten daher gegenwärtig und mit Sicherheit auch künftig eine Spitzenposition.

Demgegenüber müssen bei nichtstationären Nachrichtensatelliten die Antennen der Bodenstationen – wir wollen für sie künftig den Ausdruck *Erdefunkstellen* verwenden – den Satellitenbahnen ständig und mit größter Genauigkeit nachgeführt werden.

Mehr noch: Weil eine Verbindung zwischen zwei Erdefunkstellen nur zustande kommt, solange sich der umlaufende Satellit im Sichtbereich beider befindet, muß man entweder auf ununterbrochene Verbindung verzichten und mögliche Verkehrszeiten vereinbaren oder auf mehrere einander ablösende Nachrichtensatelliten zurückgreifen.

Das sind gewichtige Nachteile. Trotzdem werden nichtstationäre Nachrichtensatelliten eingesetzt, und

zwar für Gebiete hoher Breiten, in denen Verbindungen über geostationäre Satelliten schwierig oder unmöglich sind.

Daß dies durchaus keine Notlösung sein muß, erweist das ursprünglich auf der Basis nichtgeostationärer Satelliten aufgebaute System Molnija-Orbita der Sowjetunion, deren nördliche Gebiete sich in einer für geostationäre Nachrichtensatelliten zweifellos sehr ungünstigen Position befinden.

Relaisstation im Kosmos

Jede Nachrichtensatellitenverbindung erfolgt nach dem gleichen Grundschemata: Eine Erdefunkstelle strahlt zum Satelliten, er verstärkt die Signale, setzt sie in einen anderen Frequenzbereich um, verstärkt sie nochmals und strahlt sie zur zweiten Erdefunkstelle.

Wir haben im Prinzip eine aus zwei Funkfeldern bestehende Richtfunkstrecke (vgl. S. 43) vor uns, und in der Tat nahm die Nachrichtensatellitentechnik immer wieder Anleihen bei Richtfunk- und Trägerfrequenztechnik.

Außer ihrer prinzipiellen Funktion jedoch haben Nachrichtensatelliten mit Relaisstationen auf der Erdoberfläche kaum etwas gemeinsam – letztlich eine Folge ihres Standorts auf einer außerirdischen Umlaufbahn.

Nachrichtensatelliten sind in der Startphase erheblichen mechanischen Belastungen ausgesetzt. Sie unterliegen während ihres Fluges starken Temperaturschwankungen (Wechsel Sonnenlicht/Schatten), die funktionsbestimmende Parameter der Bordgeräte nicht beeinträchtigen dürfen; andererseits fehlt im luftleeren Raum die Möglichkeit des Wärmeausgleichs durch Konvektion. Die intensive Ultraviolettstrahlung ist bei der Auswahl der verwendeten Plastmaterialien zu berücksichtigen, während die Teilchenstrahlung aus dem Kosmos unerwünschte Effekte in Halbleitern hervorrufen kann.

Obwohl heute leistungsstarke Raketen als Transportmittel zur Umlaufbahn verfügbar sind, wird die Satellitenmasse so gering wie möglich gehalten. Auch an Form und Abmessung werden bestimmte Forderungen gestellt,

die zusätzliche technische Maßnahmen erfordern. So können die Antennen und die Ausleger mit Sonnenzellen erst auf der Umlaufbahn aufgeklappt oder entfaltet werden.

Die Stellung der Nachrichtensatelliten muß so stabilisiert werden, daß ihre Antennen stets mit hoher Genauigkeit in die gewünschte Richtung weisen. Das erfordert Sensoren und Regeleinrichtungen, die die Stellung der Antennen zur Erde ständig mit Sollwerten vergleichen und gegebenenfalls korrigieren. Auch sind Hilfstriebwerke geringer Leistung für kleinere Bahnkorrekturen des Satelliten vorgesehen.

Von sämtlichen Bordeinrichtungen wird ein Höchstmaß an Zuverlässigkeit verlangt. Ein Ensemble, in dessen Baugruppen viele Zehntausende von Bauelementefunktionen zusammenwirken, soll sieben bis zehn Jahre störungsfrei arbeiten; denn auf der Umlaufbahn sind Wartung und Reparatur vorerst noch nicht möglich. Andererseits muß aber auch die Anzahl der sich bei Defekten einschaltenden Reservebaugruppen begrenzt bleiben.

Die Bordeinrichtungen zur Nachrichtenübertragung im engeren Sinne lassen sich in drei Hauptkomplexe untergliedern: den (die) Transponder, Antennen für Empfangen und Senden, Stromversorgung für die Transponder und die übrigen elektrisch/elektronischen Apparaturen.

Aktiver Komplex der Nachrichtensatelliten sind die *Transponder* (von englisch transmitter/responder, Sende-Antwort-Gerät). Sie übernehmen die Relaisstationenfunktionen.

Im Transponder gelangen die von der Antenne aufgenommenen und sehr schwachen Signale zunächst in einen rauscharmen Vorverstärker. Er verstärkt sie so, daß ihre Weiterverarbeitung ohne allzugroße Schwierigkeiten möglich wird.

Wie bei jeder Relaisstation am Boden muß, um einwandfreien Betrieb zu ermöglichen, im Nachrichtensatelliten ein Frequenzwechsel erfolgen. Das empfangene Frequenzband wird mit allen in ihm enthaltenen Signalen in das Sendefrequenzband umgesetzt. Sende- und Empfangsfrequenzen liegen bis auf Ausnahmen allgemein im

Zentimeterwellenbereich. Hier wurden den Satellitenfunkdiensten durch internationale Vereinbarungen zahlreiche Frequenzbänder zugewiesen, die allerdings teilweise auch von terrestrischen Funkdiensten beansprucht werden dürfen.

Für die Frequenzumsetzung sind vor allem zwei Verfahren üblich:

Bei *Zwischenfrequenzdurchschaltung* wird wie in jedem Hörrundfunk- oder Fernsehempfänger die Empfangsfrequenz (genaugenommen müßten wir stets von einem Frequenzband sprechen, doch sei diese Vereinfachung gestattet) zunächst in eine niedrigere Zwischenfrequenz, hier von einigen 10 MHz, umgesetzt.

In diesem technisch verhältnismäßig einfach zu beherrschenden Frequenzbereich erfolgt die hauptsächliche Signalverstärkung. Nach Passieren des Zwischenfrequenzverstärkers werden die Signale erneut umgesetzt, diesmal auf die wiederum höhere Sendefrequenz des Nachrichtensatelliten. Nach nochmaliger Leistungsverstärkung strahlt sie die Sendeantenne aus.

Bei *Hochfrequenzdurchschaltung* wird die empfangene Höchsthfrequenz unmittelbar in die auszusendende Höchsthfrequenz umgewandelt und – selbstverständlich ebenfalls nach gehöriger Verstärkung – wieder ausgestrahlt.

Dieses Verfahren ist technisch relativ einfach und gestattet die Verarbeitung sehr breiter Frequenzbänder (z. B. mehrere Fernsehkanäle gleichzeitig). Andererseits ist gegenüber der Zwischenfrequenzdurchschaltung die Verstärkung sehr hoher Frequenzen schwieriger. Trotzdem wird dieses Verfahren – z. B. in Satelliten des Intelsat-Systems (s. u.) – zunehmend angewandt.

Zu den Frequenzwandlungen im Nachrichtensatelliten sind wie in jedem Funkempfänger Hilfsschwingungen nötig. Von ihrer Frequenzkonstanz hängt die Stabilität des gesamten Wandlungsprozesses ab, das heißt, sie entscheiden darüber, ob die Transponder optimal auf die Empfangsfrequenz abgestimmt sind und bleiben und ob ihre Sendefrequenz genau auf dem Sollwert gehalten wird. Für die Erzeugung stabiler Hilfsschwingungen werden meist die seit langem bekannten Quarzoszillatoren

verwendet. Wir finden sie in fast jedem Sender, in zahlreichen Meßinstrumenten und in jeder modernen elektronischen Uhr, wo sie für höchste Ganggenauigkeit sorgen.

Die Leistungsverstärkung zwischen Empfangs- und Sendeantenne eines Nachrichtensatelliten beträgt bis zu $1:10^{14}$. Sie wird nahezu ausschließlich mit Hilfsmitteln der Halbleiterelektronik erreicht. Lediglich in der Senderendstufe, der letzten Verstärkerstufe vor der Sendeantenne, finden wir noch eine Elektronenröhre, eine sogenannte Wanderfeldröhre. Ihre Wirkung beruht auf Energieaustausch zwischen einem Elektronenstrahl und einem sich parallel zu diesem bewegenden elektromagnetischen Feld. Mit nur einer Wanderfeldröhre ist 100000fache Leistungsverstärkung bei einer Ausgangsleistung von 10 kW und darüber erreichbar.

Für die ersten Versuche gab es an Bord von Nachrichtensatelliten nur einen Transponder. Bereits Satelliten der SYNCOM-Reihe führten zwei Transponder mit sich. Seitdem ist ihre Anzahl erheblich gestiegen. Das bedeutet einmal erhöhte Zuverlässigkeit, weil der Satellit auch bei Ausfall eines Transponders noch begrenzt betriebsfähig bleibt, vor allem aber erhöht sich, da jeder Transponder nur Frequenzbänder bestimmter Breite übertragen kann, durch mehrere Transponder die Übertragungskapazität.

Zwölf Transponder sind in modernen Nachrichtensatelliten üblich, doch existieren bereits Ausführungen mit 24 Transpondern, deren jeder 1000 Ferngespräche oder ein Farbfernsehprogramm (bzw. eine entsprechende Menge anderer Daten) übertragen kann.

Die Antennen von Nachrichtensatelliten müssen zwei einander teilweise widersprechende und daher zu Kompromissen zwingende Gruppen von Forderungen erfüllen: Sie müssen raumfahrtgerecht und übertragungsge- recht sein.

Raumfahrtgerecht heißt: Antennenanlagen solcher Ausdehnung, wie sie auf der Erde möglich sind, scheiden aus. Satellitenantennen müssen mit einem Mindestmaß an Masse auskommen und sich in ihren Abmessungen bescheiden. Sie müssen sich wie der Schmetterling in seiner Puppe in der Rakete unterbringen lassen und werden erst in der endgültigen Position entfaltet. Dieses Problem

wurde technisch gelöst, wobei nach einer Art Regenschirmprinzip Antennenanordnungen von mehreren 10 m² Fläche realisiert werden können.

Die Übertragungsgerechtigkeit wird von den Aufgaben des Satelliten bestimmt. Satelliten z. B., die Notrufe auffangen und weiterleiten, müssen ein großes Gebiet erfassen. Gleiches gilt etwa für Wettersatelliten. Satelliten für Verbindungen zwischen bestimmten festen Erdefunkstellen kommen mit einem Strahlenkegel aus, in dem die beteiligten Erdefunkstellen liegen.

Nur in der Anfangszeit arbeitete man mit ungerichtet und daher wenig effektiv strahlenden Satellitenantennen. Heute sind Richtantennen die Regel. Solche Antennen sind am Boden seit Jahrzehnten im praktischen Gebrauch.

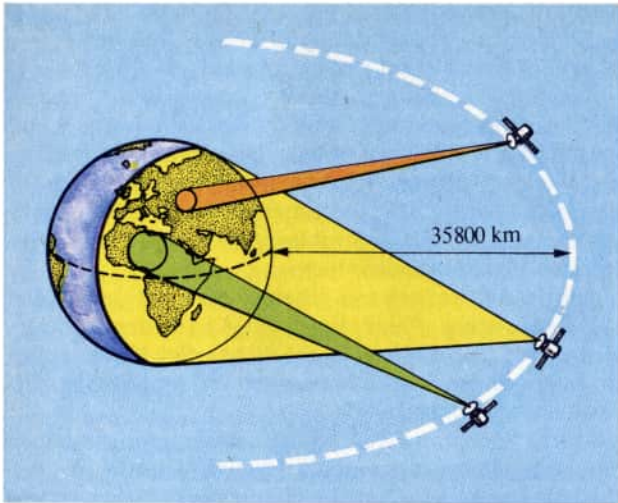
Große Bedeutung für Senden und Empfangen haben Parabolantennen. Sie sind am Nachrichtensatelliten beispielsweise an einem Antennenbaum bis zu mehreren Metern Länge angeordnet.

Der Öffnungswinkel des Strahlenbündels hängt bei gegebener Wellenlänge von der Antennenkonstruktion ab. Soll der Synchronsatellit einen maximalen Teil der Erdoberfläche überblicken, beträgt er nahezu 18°, soll eine kleinere Region erfaßt werden, bis unter 1°.

Die Strahlenbündel vom Boden müssen stets genau die Bordantennen treffen bzw. die Strahlenbündel von Bord genau die Antennen der Erdefunkstellen. Dies ist nur durch eine Stabilisierung der Bordantennen zu erreichen. Vor allem zwei Verfahren werden angewendet:

Man stabilisiert die Antennenrichtung durch Nachstellorgane an den Antennen selbst (von der Sowjetunion bereits bei den Satelliten Molnija 1 angewandt). Bei der anderen Methode wird die Stellung des gesamten Nachrichtensatelliten stabilisiert. In beiden Fällen werden durch richtungsempfindliche Sensoren Bezugswerte gegeben. Bei Abweichungen werden durch Signale von den Sensoren die Korrektureinrichtungen betätigt.

Zur Energieversorgung von Satelliten dominierten von Anfang an Sonnenbatterien, das heißt hintereinander- und parallelgeschaltete Solarzellen, die Sonnenlicht unmittelbar in Elektroenergie umwandeln.



Je nach Antennenkonstruktion und -öffnungswinkel »beleuchtet« ein Satellit verschieden große Gebiete.

Ihre Wirkungsweise geht auf Vorgänge in der Grenzschicht zwischen Halbleitermaterial verschiedenen (p- und n-) Leitungstypus zurück. Bei Lichteinfall werden positive und negative Ladungsträger voneinander getrennt. An den Kontakten der Solarzelle tritt eine elektrische Spannung auf. Leistung und Wirkungsgrad einer Solarzelle sind nicht groß – der Wirkungsgrad z. B. erreicht nur etwa 15 Prozent.

Während man sich bei den ersten und noch leistungsschwachen Nachrichtensatelliten damit begnügen konnte, den trommelförmigen Satellitenkörper mit Solarzellen zu belegen, auch in Kauf nahm, daß nur ein Teil davon jeweils der Sonne zugewandt war, genügt das längst nicht mehr.

Zur Energieversorgung moderner Nachrichtensatelliten, die neben dem Bedarf der Nachrichtengeräte auch den zahlreicher anderer Apparaturen sicherstellen muß, sind gegenwärtig Leistungen bis zu mehreren Kilowatt erforderlich; Solarbatterien für Leistungen von mehreren

10 kW werden projiziert. Sie sind nur mit Tausenden von Solarzellen bereitzustellen, die auf außerhalb des Satellitenkörpers angebrachten Flächen (»Sonnenpaddel«) angeordnet sind. Auch diese Ausleger, zunächst einer mehrfach gefalteten Karte ähnlich, können erst auf der endgültigen Satellitenposition auseinandergeklappt werden. Eine selbsttätige Steuereinrichtung orientiert sie zur Sonne.

Als Beispiel für die beträchtlichen Abmessungen sei angeführt, daß Sonnenbatterien für ungefähr 2 kW Ausgangsleistung Ausleger von mehr als 15 m Spannweite erfordern. Auf ihnen sind mehr als 20 000 etwa rasierklingengroße Siliziumsonnenzellen befestigt und zusammengeschaltet.

Die Weiterentwicklung der Solarzellen, an der vielerorts in der Welt intensiv gearbeitet wird, ist nicht nur für die Raumfahrt interessant. Für preisgünstige Sonnenbatterien guten Wirkungsgrades fänden sich auch auf der Erdoberfläche zahlreiche Anwendungsmöglichkeiten.

Daneben sucht man nach anderen Energiequellen für Nachrichtensatelliten. Man denkt z. B. an langlebige Radionuklidbatterien, wie sie für andere Zwecke bereits im Weltraum erprobt wurden. Wahrscheinlich aber werden auch die unmittelbaren Nachkommen gegenwärtiger Nachrichtensatelliten ihre Energie in bewährter Weise von der Sonne beziehen.

... und Erdefunkstelle am Boden

Zwar muß man bei Erdefunkstellen nicht mit jedem Gramm Masse und jedem Zentimeter Ausdehnung geizen; doch es bleiben reichlich Besonderheiten, die sie von Relais- oder Endstellen irdischer Richtfunkstrecken unterscheiden.

Wir können nur auf wenige eingehen, wobei wir uns auf die Funktion der Erdefunkstellen im engeren Sinne beschränken müssen. Es ist uns im Rahmen dieser Darlegungen also nicht möglich, darauf einzugehen, wie Signale zu Erdefunkstellen geleitet und wie sie vor der kosmischen Übertragung aufbereitet werden müssen.

Für jede Erdefunkstelle gilt: Die ankommenden Funk-signale sind sehr schwach. Ihre Leistung beträgt häufig nicht einmal ein Picowatt (10^{-12}W). Das heißt, könnte man die mit so geringer Leistung übertragene Energie speichern, verstrichen etwa 100 Milliarden Jahre, bis der Speicher eine Kilowattstunde enthielte!

Die Satellitensignale aus den stets vorhandenen Störgeräuschen herauszuheben ist daher eine technische Leistung ersten Ranges. Eine ganze Kette von Maßnahmen ist nötig, sie zu vollbringen.

Sie beginnt mit der Wahl des Standorts für die Erdefunkstelle. Er soll weitab und abgeschirmt (z. B. durch Lage in einer flachen Mulde) von den Quellen technischer Störungen (Betriebe, Haushalte, Stromversorgungsleitungen) liegen, darf sich nicht in der Nähe anderer Funkstationen befinden, die Störungen verursachen oder gestört werden könnten, soll aber schließlich auch nicht so abgelegen sein, daß überlange Zubringerstrecken zur Erdefunkstelle nötig wären. Die Standortwahl ist daher nicht einfach. Oft läßt man Computer eine Liste günstiger Standorte ausarbeiten.

Damit ein möglichst großer Teil der winzigen, vom Satelliten zur Erde gelangenden Leistung die Empfänger erreicht, sind optimale Antennen erforderlich. Auch bei ihnen herrscht die Parabolantenne vor, in deren Spiegelbrennpunkt die empfangene Leistung konzentriert wird.

Die Durchmesser des Parabolspiegels hängen von der Aufgabenstellung der Erdefunkstelle ab.

Für feste Erdefunkstellen, z. B. für die des Systems Intersputnik (s. u.), arbeitet man mit Spiegeldurchmessern um 12 m und mehr. Bei mobilen Stationen (vgl. S. 111) begnügt man sich mit Durchmessern bis unter 1 m. Auch wendet man in diesen Fällen öfter andere Antennenarten an, z. B. Gruppen zusammengeschalteter Yagiantennen (sie sind allgemein als Fernsehempfangsantennen üblich und bekannt).

Die Antenne muß stets genau zum Satelliten weisen. Das bedeutet ständige Nachführung bei nichtgeostationären Satelliten, Korrekturen bei stationären.

Zwei Verfahren der Antennennachführung haben sich eingebürgert:



Die in drei Containern untergebrachte transportable Erdefunkstelle MARS (UdSSR)

Man kann diese Rauscharmut durch Unterkühlen erheblich vergrößern. Deshalb werden parametrische Verstärker (bzw. die ersten Stufen mehrstufiger parametrischer Verstärker) häufig durch flüssigen Stickstoff bis auf Temperaturen um 80 K gekühlt.

Die Sendeleistung von Erdefunkstellen liegt gegenwärtig bei Werten bis über 10 kW. Sie wird mit Hilfe besonderer Elektronenröhren für Höchstfrequenzen (Wanderfeldröhren oder sogenannte Klystrons) bereitgestellt. Die Sendesignale werden über das gleiche Antennensystem, aber auf anderer Frequenz ausgestrahlt. Eine Antennenweiche trennt empfangene und gesendete Signale (daß eine »saubere« Trennung bei Leistungsverhältnissen von zum Beispiel $1:10^{15}$ nicht einfach ist, versteht sich von selbst).

Neben festen, in eigens errichteten Gebäuden installierten Erdefunkstellen gewinnen, beispielsweise für örtlich oder zeitlich begrenzte Sonderaufgaben, transportable oder mobile Erdefunkstellen an Bedeutung. So wurde die sowjetische Anlage MARS erstmals beim Besuch einer sowjetischen Regierungsdelegation in Indien (November 1973) eingesetzt. Diese Station, mit einem 7-m-Antennenspiegel ausgestattet, ist auf drei Container von $2\text{ m} \times 2,25\text{ m} \times 5\text{ m}$ verteilt. Sie kann innerhalb weniger

Stunden betriebsbereit aufgebaut und in Kraftfahrzeugen oder im Flugzeug transportiert werden.

Inzwischen wurden mobile Erdefunkstellen weiter verkleinert. Sie lassen sich (allerdings bei geringer Übertragungskapazität) für Sonderzwecke (z. B. bei Naturkatastrophen) bereits in Kleintransportern unterbringen.

Nachrichtensatelliten: 1985 Selbstverständlichkeit

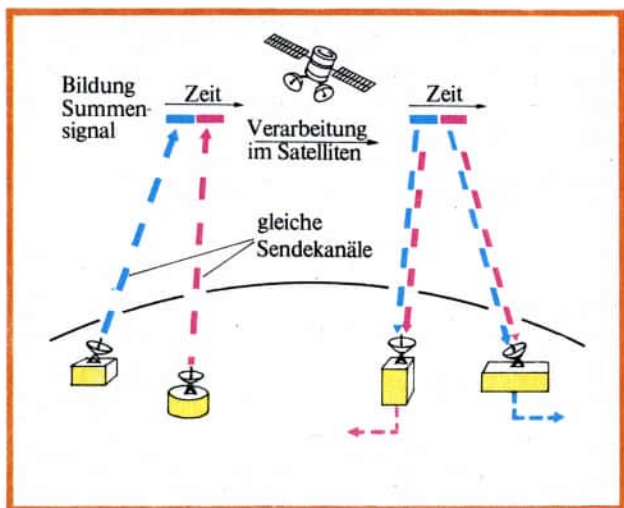
Von der Linie zum Netz

Die Möglichkeiten der Nachrichtentechnik sind mit Punkt-zu-Punkt-Linien nur zu einem geringen Teil auszuschöpfen, der Bedarf an Verbindungen ist nicht abzudecken. Erst wenn Linien zum Netz verknüpft werden, über dessen Knoten jeder Netzpunkt mit jedem anderen in Verbindung treten kann, ist das möglich.

Das gilt auch für Nachrichtensatelliten. Sobald erwiesen war, daß mit ihrer Hilfe sichere Verbindungen zwischen zwei Punkten hergestellt werden konnten, schraubte man die Forderungen in die Höhe. Ein Nachrichtensatellit sollte nicht mehr nur eine »in den Himmel gehobene Richtfunkrelaisstation«, sondern eher ein »kosmisches Fernmeldeamt« sein, das wahlweise Nachrichtenverkehr zwischen mehreren »angeschlossenen« Erdefunkstellen zu ermöglichen hatte. Jede dieser Erdefunkstellen mußte am Satelliten »zugreifen« und ihn benutzen können – ohne andere in ihrem Zugriff zu beeinträchtigen.

Vielfachzugriff im Weltraum und ohne menschliches Mitwirken zu realisieren scheint auf den ersten Blick sehr schwierig. Woher »weiß« der Satellit, wen er mit wem verbinden soll, wie führt er die Durchschaltung der Verbindung aus?

Trotzdem ist das Funktionsprinzip des Vielfachzugriffs beinahe verblüffend einfach, sofern breite Frequenzbänder bzw. zahlreiche Übertragungskanäle zur Verfügung stehen. Nachrichtensatelliten wurden von Anfang an fast immer so konzipiert, daß diese Voraussetzun-

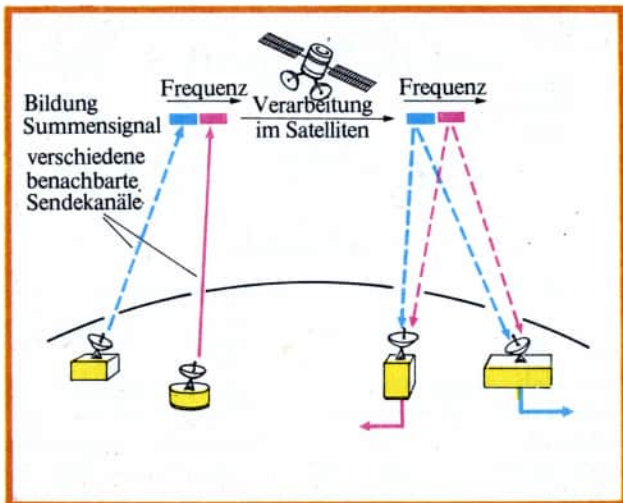


Vielfachzugriff nach dem Frequenzmultiplexverfahren: Alle Erdefunkstellen senden gleichzeitig, aber auf verschiedenen Kanälen.

gen Schritt um Schritt besser erfüllt waren – nicht zuletzt zwangen ökonomische Überlegungen dazu.

Prinzip des Vielfachzugriffs ist: Alle Erdefunkstellen senden ihre Signale, nach Frequenz oder Zeit gestaffelt, zum Satelliten. Er setzt aus ihnen ein Summensignal zusammen, in dem alle Erdefunkstellensignale frequenzmäßig nebeneinander oder zeitmäßig nacheinander liegen. Das Summensignal wird im Satelliten »bearbeitet«, im wesentlichen verstärkt und in einen anderen Frequenzbereich umgesetzt, und dann als Summensignal zum Boden zurückgestrahlt. Jede Erdefunkstelle nimmt zwar das ganze Summensignal auf, entnimmt ihm aber nur ihren Anteil zur Weiterverarbeitung.

Das Summensignal kann auf verschiedene Weise gebildet werden. Bei dem häufig angewandten *Frequenzmultiplexverfahren* ist jeder Erdefunkstelle ein Teil des insgesamt vom Satelliten zu verarbeitenden Frequenzbandes zugewiesen. Die Signale der Erdefunkstellen liegen, nachdem sie den Satelliten erreichten, frequenzmäßig neben-



Vielfachzugriff nach dem Zeitmultiplexverfahren: Alle Erdefunkstellen senden nach vorgegebenem Zeittakt nacheinander. Summensignal entsteht durch Zeitstaffelung.

einander wie Klaviertasten. Mit den »Tasten« einer »höheren Oktave« werden sie wieder ausgestrahlt. Jede Erdefunkstelle betätigt zum Empfang die ihr zugeordnete »Taste«.

Das Verfahren wird technisch beherrscht und gegenwärtig weitestgehend angewandt. Sein Nachteil: Die Kanäle können einander stören. Dieser Effekt nimmt mit der Zahl der Satellitenbenutzer zu.

Das *Zeitmultiplexverfahren* erinnert an Methoden der Pulsmodulation. Die Signale der Erdefunkstellen durchlaufen die Bordtransponder nicht gleichzeitig, sondern abschnittsweise nacheinander. Jede Erdefunkstelle empfängt während der ihr zugeteilten Zeitabschnitte, die sich periodisch wiederholen.

Die beim Frequenzmultiplexverfahren auftretenden Störungen können so erheblich vermindert, die Übertragungskapazitäten deutlich erhöht werden.

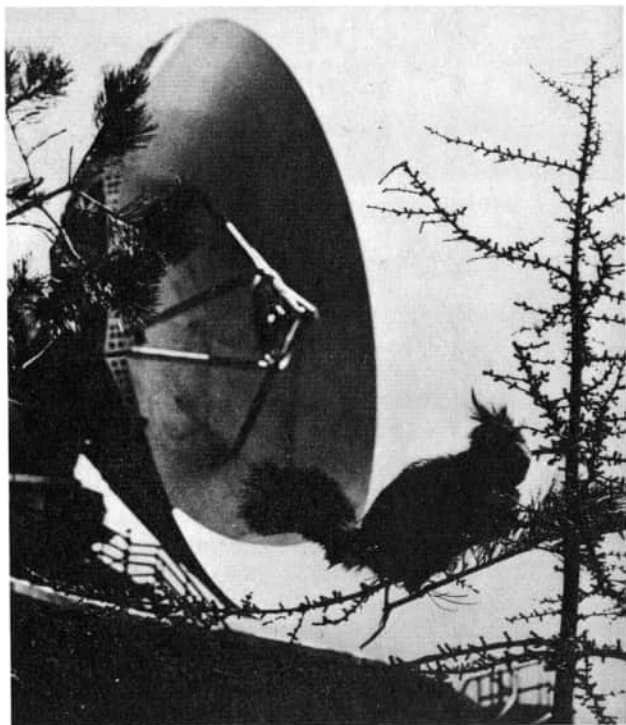
Entscheidendes technisches Problem hierbei ist, daß

die Signale der Bodenstationen die Bordtransponder exakt in der festgelegten zeitlichen Reihenfolge erreichen müssen. Alle Erdefunkstellen müssen synchron arbeiten, das heißt den gleichen, bis auf wenige $10\text{ }\mu\text{s}$ genauen Zeittakt einhalten. Das bereitet keine unüberwindlichen Schwierigkeiten, und deshalb gilt Zeitmultiplexbetrieb, gegenwärtig noch im Erprobungsstadium, als sehr zukunftssträchtig.

Man hat weiteres getan, um Nachrichtensatelliten möglichst effektiv zu nutzen.

So können sich mehrere Erdefunkstellen, deren jede

Orbitastationen bewährt bis zum Polarkreis. Teilbild einer Anlage (Parabolantenne)

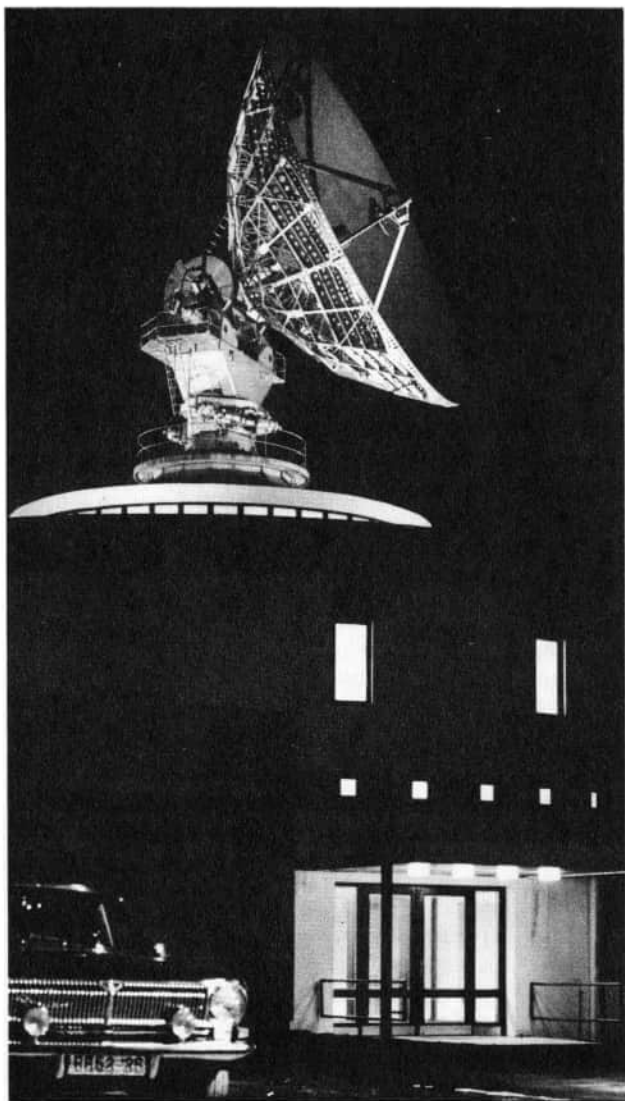




Erdefunkstelle Jaruco (Kuba) des Nachrichtensatellitensystems Intersputnik

nur ein relativ geringes Nachrichtenaufkommen hat, in einen Übertragungskanal teilen, der jeweils nach Bedarf belegt wird. Ein weiteres Verfahren zur Erhöhung der Übertragungskapazität wurde durch Fortschritte der Raumfahrttechnik und daraus resultierende Möglichkeiten mehrerer stabilisierter und straff bündelnder Antennen realisierbar. Im Nachrichtensatelliten wird ein Transponder durch Steuerkommandos von der Erdefunkstelle jeweils an eine Sende/Empfangsantenne geschaltet, die für das Erreichen einer bestimmten Gegenstelle besonders geeignet ist.

Sogar Sprechpausen nutzt man aus, zurückgreifend auf Methoden der Transatlantikkabel-Fernsprechtechnik. Elektronische Geräte schalten in jeder Sprechpause sofort Signale einer zweiten, dritten usw. Verbindung auf



Intersputnik-Erdefunkstelle der DDR

den Übertragungsweg (wenn z. B. der Teilnehmer der ersten Verbindung »Luft holt«). Kein Gesprächspartner merkt etwas vom schnellen »Zwischenschieben«! Bei Transatlantikkabeln beispielsweise wurde die Gesprächskapazität dadurch um etwa 2,5mal größer!

Die technischen Voraussetzungen satellitengetragener Nachrichtennetze sind nicht schlecht; sie werden ständig weiterentwickelt und verbessert.

Doch weltweite Nachrichtennetze erfordern nicht nur Technik, sondern auch Organisation, internationale Zusammenarbeit, gegenseitige Rücksichtnahme – kurz, sie setzen friedliche Koexistenz voraus.

Zur Zeit existieren zwei weltumspannende Nachrichtensatellitensysteme: *Intersputnik* und *Intelsat*.

Grundlage des Systems Intersputnik bildet die Organisation gleichen Namens, die im November 1971 von den sozialistischen Ländern Bulgarien, ČSSR, DDR, Kuba, MVR, Polen, Rumänien, UdSSR, Ungarn gegründet wurde und im Februar 1974 ihren Dienst aufnahm. Alle Staaten, die die Grundsätze der Organisation anerkennen, können ihr beitreten. Die finanziellen Aufwendungen der Teilnehmer richten sich nach den beanspruchten Leistungen. Die Nachrichtensatelliten gehören der Organisation oder können von ihr gemietet werden. Die Bodeneinrichtungen sind Eigentum der jeweiligen Staaten.

Anfänglich arbeiteten im System Intersputnik nicht-geostationäre Satelliten vom Typ Molnija, gegenwärtig werden Synchronsatelliten vom Typ Raduga angewandt (Standorte unter anderem 13,5°W und 58°O). Die Satelliten empfangen im Frequenzbereich um 6 GHz und senden im Bereich um 4 GHz. Es stehen (1980) jeweils sechs Frequenzbänder von 34 MHz Bandbreite zur Verfügung, deren jedes für Fernsehübertragungen oder Fernsprechen eingesetzt werden kann. Vielfachzugriff nach dem Frequenzmultiplexverfahren ist möglich.

Erdefunkstellen des Systems sind die in der Sowjetunion bewährten und den Bedingungen von Intersputnik angepaßten Stationen vom Typ Orbita 2.

Ihre 12-m-Parabolantenne (Masse des Antennenspiegels 6 t) kann in der Waagerechten um 360°, in der Senkrechten bis zum Zenit geschwenkt werden – wobei aller-

dings nach dem Übergang zum Betrieb mit Synchronsatelliten nur noch geringfügige Ausgleichkorrekturen erforderlich sind. Die Steuerung erfolgt nach den allgemein in Erdefunkstellen üblichen Varianten: Programmsteuerung nach den eingegebenen Bahndaten, automatische »Verfolgung« des Satelliten, notfalls Handsteuerung.

Die Intersputnik-Erdefunkstellen sind mit parametrischen Vorverstärkern im Empfangsteil und mit Klystrons in den Senderendstufen bestückt.

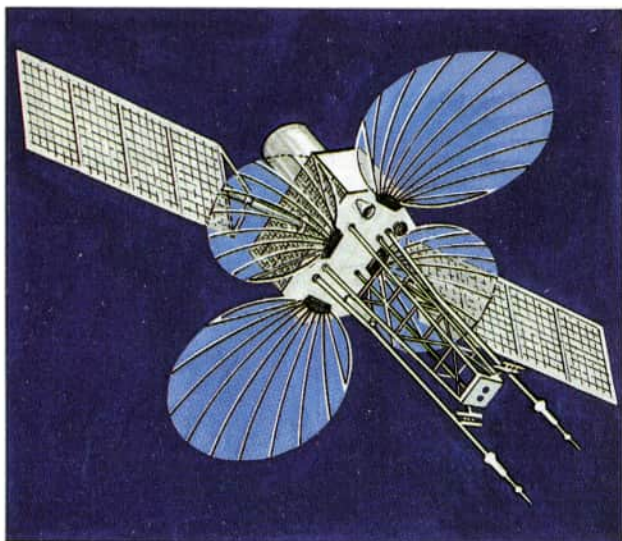
Ende 1980 arbeiteten folgende Intersputnik-Erdefunkstellen:

UdSSR (bei Moskau)	VRB (Sofia)
DDR (Neu Golm)	MVR (Ulan Bator, Darchan)
ČSSR (Prag)	Kuba (Jaruco)
VRP (Kielce)	SRV (Hanoi)
UVR (Taliandörög)	VR Algerien (Lakhdaria)

Das System wird schrittweise und systematisch ausgebaut und steigenden Ansprüchen und Fortschritten der Technik angepaßt. Dabei ist es selbstverständlich (man sollte über dieses »Selbstverständlich« nachdenken), daß die UdSSR den beteiligten Ländern stets bereitwillig ihre Erfahrungen zur Verfügung stellt und nicht nur technische, sondern – während der Anfangsphase – auch personelle Hilfe leistet.

Die DDR-Intersputnikstation Neu Golm bei Fürstentwalde nahm am 1. Mai 1976 ihren Betrieb auf. Im März 1980 übertrug sie die tausendste Fernsehsendung und »daneben« eine um ein Vielfaches höhere Anzahl an anderen Informationen.

Demgegenüber wird das System Intelsat nach ausschließlich kapitalistischen Gesichtspunkten organisiert und betrieben. Sein Ziel ist »Profit durch Kommunikation«. Von Gleichberechtigung der Teilnehmer kann daher nicht die Rede sein. Ihre Einflußnahme richtet sich nach dem jeweiligen Aktienanteil. Dessen Mehrheit aber befindet sich in den Händen weniger kapitalistischer Staaten, vor allem der USA. Kleine Länder, ehemalige Kolonien, die – nicht durch ihre Schuld – besonders kommunikationsbedürftig sind, befinden sich nicht nur



Kein Raumschiff aus fernen Sternsystemen, sondern ein Modell des Nachrichtensatelliten Intelsat V mit seinen Antennen- und Sonnenzellenauslegern

von vornherein im Nachteil, sondern werden in Abhängigkeit gedrängt. Der in Diskussionen geprägte Ausdruck »Fernmelde-Kolonialismus« trifft den Kern der Sache.

Streit aber gibt es auch unter den »Großen«. Bereits 1974, als die Nachrichtensatellitensysteme, verglichen zu heute, noch in den Anfängen steckten, beklagte sich eine BRD-Zeitschrift: »1971 zahlten allein die Europäer für die Benutzung des amerikanisch kontrollierten Intelsat-Netzes 15 Mio. Dollar. Die Gesamteinnahmen aus diesem Netz betrugen aber mehr als 80 Mio. Dollar ... Mit dem Intelsat-Übereinkommen ... haben sich die Amerikaner zweifellos das größte Stück vom jetzt schon außerordentlich gewinnträchtigen Geschäft der internationalen öffentlichen Fernmeldeverbindungen gesichert. ... «

Im Intelsat-System wurden bislang mehrere Satellitengenerationen eingesetzt, wobei man sogar noch funktionsfähige, aber »veraltete« Satelliten abschaltete und

aus ihrer Weltraumposition verdrängte, um Platz für weiterentwickelte Ausführungen zu schaffen. Zu diesen zählt z. B. der Ende 1980 gestartete Nachrichtensatellit Intelsat V. Er überträgt 12000 Fernsprechkkanäle und zwei Fernsehprogramme (wahlweise austauschbar) und verwendet neben den bewährten Frequenzbereichen (4 bzw. 6 Ghz) die Bereiche bei 11 Ghz und 14 Ghz. Höhere Übertragungskapazitäten und ein weiterer Frequenzsprung nach oben werden angestrebt.

Die Anzahl der Intelsat-Erdefunkstellen hat (Ende 1980) 250 längst überschritten. Das Intelsat-System stellt, niemand würde es bezweifeln, eine großartige technische Leistung dar. Sie kommt aber vordringlich eben nicht jenen zugute, die ihrer am meisten bedürften.

Viele junge Nationalstaaten z. B. müssen gegenwärtig nicht nur für teures Geld Kanäle bei Intelsat mieten, sondern sich auch Bedingungen unterwerfen, die sie in Abhängigkeit vom Intelsat-Konsortium bringen. Daß sie sich damit nicht auf die Dauer abfinden werden, zeigen Bestrebungen und Experimente mehrerer Länder, z. B. das weitgesteckte und von der Sowjetunion unterstützte Raumforschungsprogramm Indiens.

Trotz unterschiedlicher Gesellschaftsordnungen ist jedoch gedeihliche Zusammenarbeit der beiden globalen Nachrichtensatellitensysteme möglich. Die Moskauer Olympiade 1980 hat dies, trotz vieler Störmanöver, Hunderten Millionen Menschen sichtbar (im Sinne des Wortes) werden lassen.

Klangvolle Namen – mannigfache Aufgaben

Neue Namen und klangvolle Wortbildungen tauchen immer häufiger im Zusammenhang mit Nachrichtensatelliten auf: »Orbita«, »Palapa«, »Anik«, »Norsat«, »Saharasat« und andere; hinter ihnen verbirgt sich, was Techniker nüchtern als regionale Nachrichtensatelliten(systeme) bezeichnen.

Man versteht darunter Systeme, bei denen Nachrichtensatelliten kein möglichst großes Gebiet, sondern zielge-

richtet nur begrenzte Regionen von z. B. wenigen Tausenden oder einigen Hunderten Kilometern Durchmesser erreichen sollen, Systeme, die vergleichsweise nicht mit einer »Rundumleuchte«, sondern mit einem »Scheinwerfer« arbeiten. Ihre Zahl nimmt ständig zu.

Regionale Nachrichtensatellitensysteme wurden erst durch die rasche Entwicklung von Raumfahrttechnik und Elektronik ermöglicht. Die von Raketen auf Umlaufbahnen beförderbare Nutzlast stieg. Infolgedessen ließen sich nicht nur eine umfangreichere Bordelektronik (z. B. steigende Zahl von Transpondern), sondern auch Antennen verwenden, die einen Strahlungskegel von weniger als 1° Öffnungswinkel haben, sowie Stabilisierungseinrichtungen, die den Auftreffbereich dieses Kegels auf der Erdoberfläche »festhalten«.

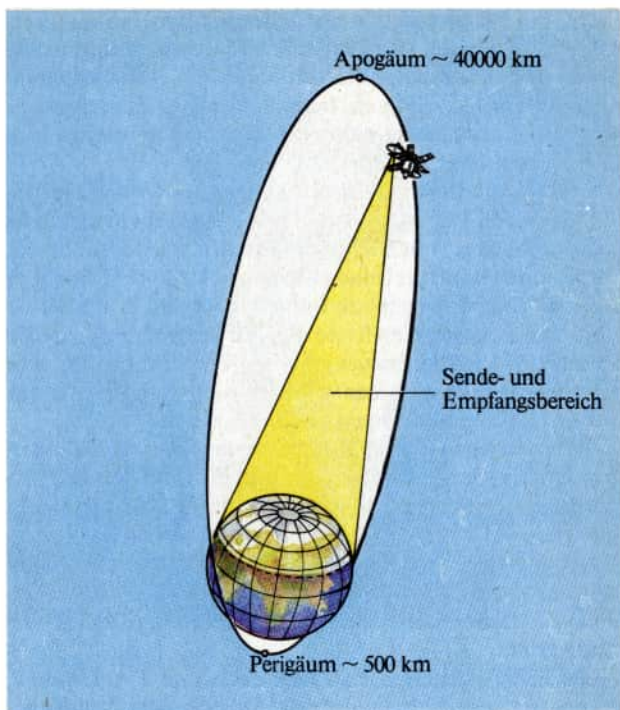
Durch die Bündelung steigt die Leistungsdichte der den Boden erreichenden Strahlung. Bereits mit relativ einfachen Empfangsantennen und -apparaturen kann man stabile Verbindungen erzielen.

Warum aber neben globalen auch regionale Nachrichtensatellitensysteme? Wir wissen seit den ersten Seiten: Es gibt auf unserem Planeten weite Gebiete, die nachrichtentechnisch noch wenig erschlossen sind – sei es, daß sie dünn besiedelt sind und größere Siedlungen weit voneinander entfernt liegen, sei es, daß aus topographischen Gründen bodengebundene Nachrichtenverbindungen schwierig, überhaupt nicht oder unökonomisch einzurichten wären.

In solchen Fällen bieten regionale Nachrichtensatellitensysteme häufig gute Lösungen an. Sie kommen – im Gegensatz zu Richtfunkstrecken – mit dem Nachrichtensatelliten als einziger Relaisstation aus. Sie sind weitgehend geländeunabhängig, ihre Erdefunkstellen lassen sich innerhalb kurzer Zeit aufbauen und notfalls auch verlegen.

Das wirkt sich nicht nur auf die technische, sondern auch auf die ökonomische Seite aus. Mitunter bleiben bereits die Kosten für ein Nachrichtennetz von 1 000 km Durchmesser und darunter bei Satelliteneinsatz unter denen für ein gleichwertiges bodengebundenes System.

Dies gilt teilweise nicht nur für Gebiete mit Nachhole-



Umlaufschema der Molnija-Satelliten

bedarf an Nachrichtenverbindungen, sondern auch für dichtbesiedelte, industriell erschlossene Territorien. Regionalsysteme in Industriestaaten erweisen es.

Das erste regionale Nachrichtensatellitensystem war das 1967 in Dienst gestellte System *Orbita* der UdSSR.

Die Sowjetunion liegt, wie erwähnt es bereits, wenig »synchronsatellitenfreundlich«. In große Teile ihres weit nördlich des Äquators gelegenen Territoriums fällt die Strahlung eines Synchronsatelliten unter sehr flachem und damit ungünstigem Winkel ein. Das mußte sich vor allem auswirken, solange die Nachrichtensatellitentechnik noch nicht ihren heutigen Leistungsstand erreicht hatte (auch den leistungsfähigsten Synchronsatelliten ist

allerdings ein Gebiet um die Erdpole unerreichbar). Daher entschloß sich die Sowjetunion, deren weitgesteckte Ziele raschen Ausbau und Verdichtung der Nachrichtenverbindungen verlangten, beim Aufbau eines regionalen Nachrichtensatellitensystems zunächst von nichtstationären Satelliten auszugehen.

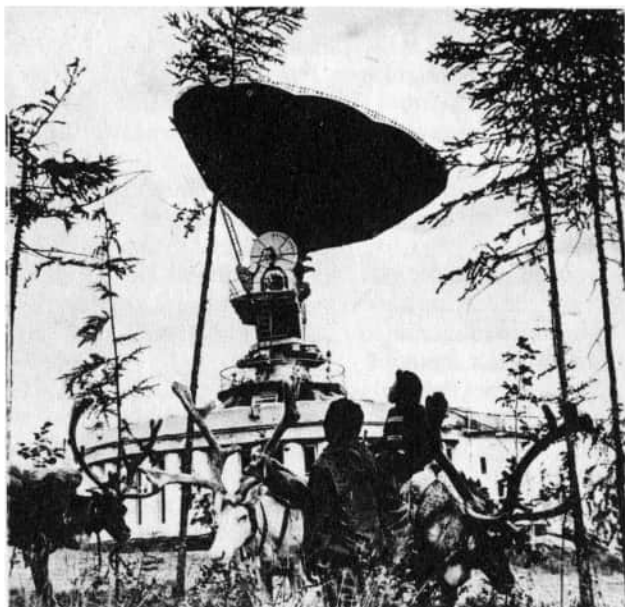
Die Nachrichtensatelliten des Systems *Orbita* umrunden die Erde auf langgestreckten Ellipsenbahnen unter großem Winkel (um 65°) zum Äquator so, daß über der nördlichen Halbkugel eine Höhe bis etwa 40 000 km, über der südlichen dagegen von nur etwa 500 km durchlaufen wird. Es sind stets mehrere Satelliten unterwegs. Jeder steht beim Überfliegen sowjetischen Territoriums für acht bis zehn Stunden seines zwölfstündigen Umlaufs für Nachrichtenverbindungen zur Verfügung.

In den Anfangsjahren fanden ausschließlich Satelliten der *Molnija*-Serie Verwendung. Ihre Leistungsfähigkeit wurde systematisch gesteigert. Während z. B. die ersten Satelliten ein Fernsehprogramm oder 60 Ferngespräche übertragen konnten, beträgt die Kapazität der Satelliten *Molnija 3* zehn Farbfernsehprogramme. Seit 1975 arbeiten auch Synchronsatelliten der Reihe *Raduga* im *Orbita*-System.

Die Erdefunkstellen, hauptsächlich vom Typ *Orbita 2*, haben wir bereits beim Intersputnik-System kennengelernt (obgleich sie ursprünglich für das System *Orbita* entwickelt wurden). Etwa 80 dieser Erdefunkstellen sind derzeit über das Gebiet der UdSSR verteilt.

Wichtige Aufgabe des Systems *Orbita* ist es, das zentrale Moskauer Fernsehprogramm sowie Rundfunkprogramme bis in die fernsten Landesteile zu senden, wo sie von örtlichen Stationen wieder ausgestrahlt werden. Außerdem übermittelt das System Fernschreiben, Ferngespräche, Signale für Faksimile und Datenfernübertragung und sogar die Texte für ferngesteuerten Zeitungsdruck.

Zwar hätte man diese Aufgaben auch einem bodengebundenen Nachrichtensystem übertragen können, doch ist die Satellitenlösung bei weitem ökonomischer, einfacher und mit weniger Zeitaufwand realisierbar. Man denke nur daran, welche Mühe der Aufbau einer Richt-



Erdefunkstelle des Orbita-Systems im Hohen Norden der UdSSR

funkstrecke von Moskau nach Wladiwostok bereiten würde!

Nicht lange blieb Orbita das einzige regionale Nachrichtensatellitensystem. Auch andere Staaten mit ähnlichen geographischen und demographischen Bedingungen folgten. Im Jahre 1972 nahm Kanada mit Satelliten vom Typ *Anik* ein System für Fernseh-, Hörrundfunk-, Fernsprech- und Fernschreibübertragungen in Betrieb. Seit 1975 sind algerische Siedlungen, Oasen, abgelegene Bergdörfer usw. über einen Nachrichtensatelliten zu erreichen.

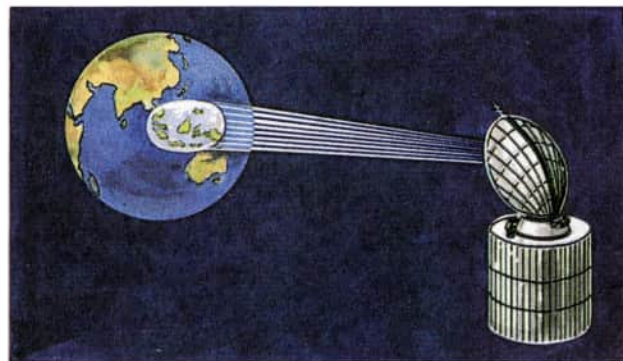
Die USA betreiben für ihr Territorium gleich vier miteinander konkurrierende regionale Nachrichtensatellitensysteme, wodurch der Ausbau zahlreicher Kabel- und Richtfunkstrecken unnötig wurde. Daß man dabei vor Überraschungen nicht unbedingt sicher ist, zeigen die Er-

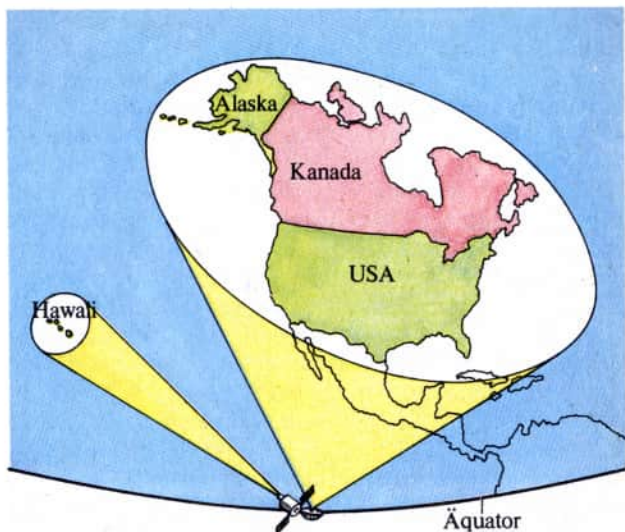
fahrungen mit dem im Dezember des Jahres 1979 gestarteten Nachrichtensatelliten *SATCOM III*. Noch vor dem Erreichen der endgültigen Position riß die Verbindung plötzlich ab. Seitdem ist der Satellit verschollen. Er konnte nicht einmal mit Hilfe von Radar wiedergefunden werden!

Für Staaten, die zahlreiche Inseln einschließen, stellt ein regionales Nachrichtensatellitensystem den einzig tragbaren Ausweg dar, um zu genügend vielen Nachrichtenverbindungen zu gelangen. Das gilt z. B. für Japan, das seit einigen Jahren ein Regionalsystem zur Verteilung von Fernsehprogrammen und für den Fernsprech- und Fernschreibverkehr betreibt.

Ein weiteres Beispiel ist das System *PALAPA* für die indonesische Inselwelt. Die Nachrichtenverbindungen zwischen den Tausenden von Inseln waren bis 1976 völlig unbefriedigend. Ein dichtes Seekabelnetz zwischen den kleinen und oft weit auseinanderliegenden Inseln war nicht vertretbar; die nicht sehr zahlreichen Kurzwellenverbindungen hatten oft unter so heftigen atmosphärischen Störungen zu leiden, daß die Fernverbindungen praktisch ausfielen. Durch zwei Synchronsatelliten, deren jeder mehrere Fernsehprogramme und 5000 Ferngespräche übertragen kann, wurde das Problem gelöst.

Modelldarstellung des regionalen Nachrichtensatellitensystems PALAPA





Beispiel für Nachrichtensatellitensystem mit »großem« und »kleinem« Antennenöffnungswinkel (System SATCOM/USA)

Zur Zeit sind weit über ein Dutzend regionaler Nachrichtensatellitensysteme in Betrieb, mindestens ebenso viele befinden sich im Vorbereitungsstadium. Für die zweite Hälfte der achtziger Jahre rechnet man mit 30 Regionalsystemen.

Gerade für Entwicklungsländer ergibt sich ein weiterer wichtiger Aspekt für die Nutzung regionaler Nachrichtensatellitensysteme. Er läßt sich unter dem Stichwort *Bildungsfernsehen* einordnen.

Niemand wird bestreiten, wie anregend und nützlich Fernsehsendungen sein können, die uns mit neuen Erkenntnissen und Verfahren bekanntmachen, uns Grundlagen wissenschaftlicher und technischer Disziplinen vermitteln oder uns Hinweise für unsere Tätigkeit in Betrieb und daheim geben.

Um wieviel mehr gilt das für Hunderte Millionen Erdbewohner, denen es noch an den einfachsten Wissensgrundlagen fehlt, von denen ein erschreckend hoher An-

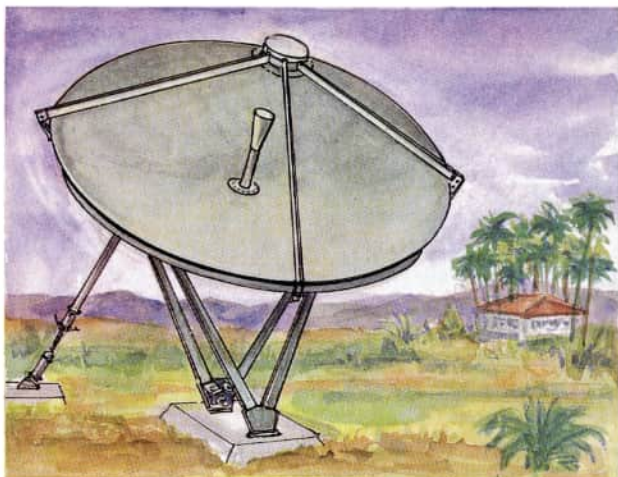
teil keine Schule besuchen konnte und nicht einmal lesen und schreiben lernte!

Auf diesem Gebiet liegt eine Aufgabe für regionale Nachrichtensatellitensysteme, deren Bedeutung nur schwer abschätzbar ist. Mehrere Jahre zurückliegende Untersuchungen der UNESCO beispielsweise besagen, daß sich der Analphabetismus auf dem südamerikanischen Kontinent mit einem abgestimmten Programm von Satellitenlehrgängen in weit kürzerer Zeit und überdies zu einem Bruchteil der bei konventionellem Unterricht anfallenden Kosten wirksam bekämpfen ließe. Aufbaulehrgänge könnten zu systematischer Anhebung des Allgemeinwissens und zur Beseitigung falscher Vorstellungen und überkommenen Aberglaubens beitragen.

Ein erstes großes Experiment in dieser Richtung unternahm Indien 1975/76. Für das Projekt *SITE* (satellite instructional television experiment, Unterrichtsexperiment mit Satellitenfernsehen) hatte man für ein Jahr Übertragungskanäle eines westlichen Synchronsatelliten gemietet. Mit seiner Hilfe wurden Unterrichts- und Aufklärungsprogramme (z. B. auch landwirtschaftliche Unter-

Bildungsfernsehen: Helfer für Menschen aller Kontinente. Hier: Schulfunk der Papua auf Neuguinea





Antenne (4,5 m) einer Empfangsanlage für regionale Nachrichtensatellitensysteme

weisungen) an Kinder, Jugendliche und Erwachsene in über 2000 abgelegene Dörfer ausgestrahlt. Die Resultate waren so überzeugend, daß die indische Regierung beschloß, ab 1981 mit eigenen Satelliten ein einheitliches Bildungsprogramm aufzubauen und mit Begleitton in mehreren Hauptsprachen des Subkontinents auszustrahlen.

Andere (z. B. afrikanische) Staaten können noch keine eigenen Satelliten einsetzen und sind daher auf das Mieten oder Pachten vorhandener angewiesen. Daß sich dabei gerade kapitalistische Länder »hilfsbereit« zeigen, stimmt bedenklich: Neben der Satellitennutzung stellen sie einfache, kleine Erdefunkstellen (nur für Empfang eingerichtet) zur Verfügung und bieten Bildungsprogramme an, die in den USA oder in der BRD ausgearbeitet wurden.

Auf dem Wege zu Rundfunksatelliten

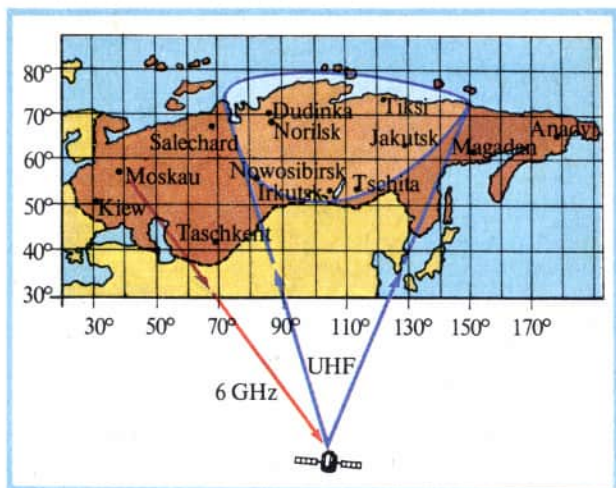
Beim SITE-Experiment wurden die Sendungen nicht über regionale Sender oder Senderketten weitergeleitet, sondern örtlich mit Anlagen in Siedlungen, Schulen usw. empfangen. Damit bahnte sich ein Übergang zu einem weiteren Einsatzbereich von Nachrichtensatelliten an, zu Fernsehdirektübertragungen mit Hilfe von Satelliten.

Als die ersten Fernsehsendungen »via Satellit« die Bildschirme erreichten, begann man zu fragen:

Warum der Umweg über Erdefunkstellen, Richtfunkstrecken, Fernsehsender »am Boden«? Könnte man Fernsehsendungen von Satelliten nicht unmittelbar mit dem häuslichen Gerät empfangen? Wären »Fernsehsender auf der Erdumlaufbahn« nicht vorzüglich geeignet, das Programmangebot weltweit zu bereichern, zu vervielfachen?

Seit Jahren beschäftigen sich Veröffentlichungen – vom Magazinartikel bis zu Fachzeitschriftenbeiträgen und zu Projektstudien – mit diesen Fragen. Die Zahl der Veröffentlichungen wuchs, je weiter die Nachrichtensatellitentechnik voranschritt. Man untersuchte und erörterte technische und politische Voraussetzungen, Bedingungen und Möglichkeiten – bald nicht mehr sporadisch, sondern systematisch in eigens zusammengestellten Ausschüssen und Kommissionen auf nationaler und internationaler Ebene.

Woher rührt dieses weltweite Interesse an *Rundfunksatelliten*? Für den Konsumenten ist natürlich die Möglichkeit bestechend, den zunehmend zum Bedürfnis werden den Wunsch nach größerer Programmauswahl zu befriedigen. Das wäre zumindest in hochindustrialisierten und dichtbesiedelten Gebieten, z. B. in Mitteleuropa, mit herkömmlichen Methoden nicht mehr möglich. Die für terrestrische Sendungen geeigneten Frequenzbereiche sind nahezu voll besetzt. Mehr als zwei, allenfalls drei Fernsehprogramme lassen sich nicht über das gesamte Territorium eines Staates ausstrahlen; auch die Zahl der UKW-Hörrundfunkprogramme erscheint vielen zu niedrig. Die »Verkabelung« eines ganzen Landes zur Deckung des Bedarfs verbietet sich vorerst aus ökonomischen, aber auch



Versorgungsbereich des sowjetischen Systems Ekran

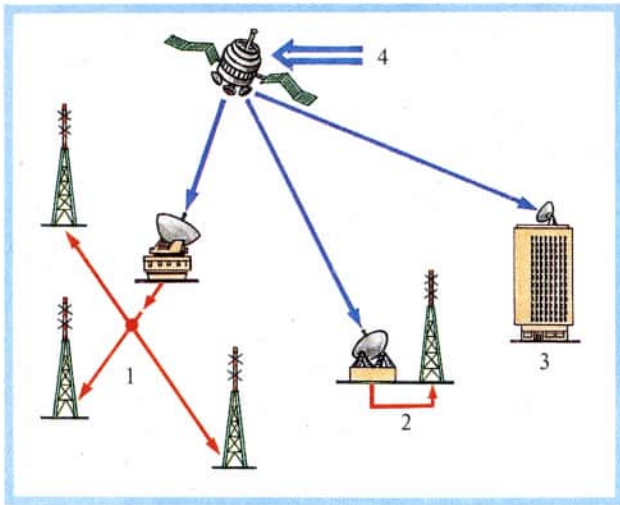
noch aus technischen Erwägungen. So bleibt gegenwärtig der Rundfunksatellit als gut geeigneter Ausweg.

Für ausgedehnte, wenig dicht besiedelte Länder, aber auch für Entwicklungsländer, die den Fernsehrundfunk erst einführen wollen, stellen Rundfunksatelliten ebenfalls eine günstige Lösung dar. Rundfunksatellitendienste lassen sich rascher und kostengünstiger einrichten als ausgedehnte terrestrische Netze. Sie würden gewissermaßen vom gleichen Zeitpunkt an eine ganze Region selbst unter ungünstigen geographischen Bedingungen bei guter Empfangsqualität versorgen.

Daß Rundfunksatellitendienste technisch möglich sind, bewies die Sowjetunion im Herbst 1976, als der erste Satellit des Typs *Ekran* auf 99° ö. L. (etwa über der Küste Sumateras) seine Position auf der Synchronbahn bezog.

Er versorgt vor allem jene Gebiete ostwärts des Urals und Mittelsibiriens mit dem zentralen Moskauer Fernsehprogramm, in denen selbst das Orbita-System mit seinen nachgeschalteten Verteileinrichtungen am Boden unwirtschaftlich wäre.

Ekran drückt besonders deutlich einen durch den tech-



Möglichkeiten des Fernsehempfangs »via Satellit«. 1 – Empfang und Wiederausstrahlung über konventionelles Fernsehsendernetz; 2 – Empfang und Wiederausstrahlung über Regionalsender; 3 – Empfang und Weiterleitung über Gemeinschaftsantennenanlage (»Direktempfang«); 4 – Empfang von der Erdefunkstelle

nischen Fortschritt ermöglichten Konzeptionswandel bei Nachrichtensatellitensystemen aus:

Solange Satelliten nur mit wenigen Erdefunkstellen zusammenarbeiteten, verlegte man den technischen Aufwand weitgehend an den Boden; denn hier waren z. B. Wartung und Reparatur einfach. Mit steigender Empfängerzahl und durch den inzwischen erreichten Stand der Satellitentechnik ermöglicht, wurde es in vielen Fällen sinnvoller, aufwendigere und leistungsfähigere Satelliten und statt dessen einfachere Erdefunkstellen bzw. Empfangsanlagen zu benutzen. Bei Ekran-Satelliten wird dieses Prinzip konsequent durchgeführt. Eine Erdefunkstelle bei Moskau strahlt dem Satelliten das Programm im 6-GHz-Bereich zu. Er setzt es in den von Fernsehempfängern benutzten UHF-Bereich um. Damit entfällt am Boden eine erneute Frequenzumsetzung auf Fernsehkanäle.

Sonnenbatterien auf über 10 m langen Flächen gewährleisten die hohe Sendeleistung von 300 W. Sie wird, um trotz der relativ niedrigen Sendefrequenz hohen Antennengewinn zu erzielen, nicht durch eine Parabolantenne abgestrahlt, sondern durch eine Anordnung aus 96 einzelnen Spiralantennen, die eine Fläche von mehr als 12 m² beanspruchen.

Empfangsanlagen existieren in zwei Ausführungen. Für Gemeinschaftsempfang über ein Kabelnetz und im Umkreis bis zu ungefähr 10 km ist die gesamte Elektronik in einem Gehäuse von etwa Kühlschrankgröße untergebracht. An die Stelle einer Parabolantenne tritt eine Anordnung aus 32 Yagiantennen.

Für einen Versorgungsradius bis zu maximal 2,5 km ist die gesamte Elektronik für die nachgeschalteten Fernsehempfänger nicht größer als ein Plattenspieler. Man kommt mit einem Antennensystem aus vier Yagiantennen aus. Die Anlage kann daher ohne weiteres nicht nur in Gesellschaftsbauten oder Wohnhäusern installiert werden, sondern läßt sich auch leicht motorisieren. »Wandernde« Bau- und Arbeitsstellen (Verlegungsarbeiten auf Bahn-, Rohrleitungs- und Stromversorgungstrassen, aber auch Bohrtrupps, Holzfällercamps usw.) brauchen nirgends auf Fernsehempfang zu verzichten. Zu Beginn des Jahres 1981 waren mehr als 1000 Empfangsanlagen in Betrieb.

Bislang ist die Sowjetunion das einzige Land, das Rundfunksatelliten betreibt. Jedoch wurden und werden von zahlreichen anderen Staaten und in Zusammenarbeit mit der Internationalen Fernmeldeunion umfangreiche Vorarbeiten für die allgemeine Einrichtung von Rundfunksatellitendiensten geleistet. Die Fragen und Probleme sind vielschichtig und haben keineswegs nur technische, sondern auch oder besonders völkerrechtliche und politisch-ideologische Aspekte. Gemeinsam ist allen, daß sie – wie stets bei grenzüberschreitender Kommunikation – nur auf der Basis internationaler und von allen Teilnehmern eingehaltener Vereinbarungen zu lösen sind.

Für die technisch-organisatorische Seite wurden durch die Internationale Funkverwaltungskonferenz 1977 wichtige und zukunftsweisende Festlegungen getroffen. Sie tra-

ten am 1. Januar 1979 für eine Zeitspanne von 15 Jahren in Kraft und beziehen sich auf die Funkregionen 1 und 3, das heißt auf Europa, Afrika, Asien, Australien und große Teile des Pazifiks.

Den Rundfunksatellitendiensten wurden wie allen anderen Funkdiensten bestimmte Frequenzbänder zugewiesen, die jedoch nicht oder noch nicht sämtlich belegbar sind.

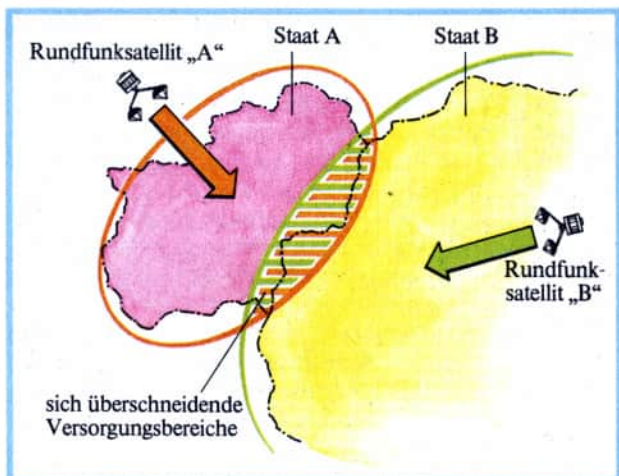
Das Band von 620 MHz bis 790 MHz (UHF-Fernsehband) kann z. B. in Europa nicht benutzt werden, weil in ihm zahlreiche Fernsehstationen arbeiten. Damit beantwortet sich übrigens die häufig gestellte Frage, ob Rundfunksatelliten die Fernsehsender am Boden ablösen sollen: Das ist gewiß nicht der Fall; beide werden einander ergänzen.

Die vorgesehenen Frequenzbänder oberhalb 40 GHz sind gegenwärtig noch nicht so technisch erschlossen, daß sie für Satellitenrundfunkdienste in Betracht kämen.

So werden sich Rundfunksatellitendienste vor allem im Bereich von 11,7 GHz bis 12,5 GHz ansiedeln. Für die Funkregionen 1 und 3 wurde er in 40 Kanäle von je etwa 19 MHz Breite aufgeteilt. Jedem Land wurden grundsätzlich fünf Kanäle zugewiesen. Daraus geht hervor, daß wie am Boden jeder Fernsehkanal mehrfach, das heißt nicht nur durch *einen* Satelliten, belegt werden muß.

Der DDR z. B. wurden die Kanäle 21, 25, 29, 33 und 37 zugeteilt, der BRD die Kanäle 2, 6, 10, 14 und 18. Es fällt auf, daß die Kanäle eines Landes nicht unmittelbar nebeneinander liegen. Dieses generell angewandte Verteilungsschema soll verhindern, daß Frequenznachbarn einander stören, die genau in die gleiche Richtung strahlen.

Der DDR zugewiesene Kanäle für Rundfunksatelliten	Satellitenposition 1° w. L.
Kanal 21	12,111 08 GHz
Kanal 25	12,187 80 GHz
Kanal 29	12,264 52 GHz
Kanal 33	12,341 24 GHz
Kanal 37	12,417 96 GHz



Rundfunksatelliten sollen die kleinste das Territorium eines Staates einschließende Ellipse »ausleuchten«. Überschneidungen in Grenzgebieten sind dabei unvermeidbar.

· Wie die Kanäle genutzt werden, bleibt, sofern keine internationalen Abmachungen verletzt werden, dem Betreiber überlassen. So könnte ein Land beispielsweise drei Kanäle mit nationalen Fernsehprogrammen, einen weiteren mit zahlreichen Hörrundfunkprogrammen, den letzten mit einem (noch zu schaffenden) internationalen Programm belegen.

Auf der Synchronbahn, die auch von Rundfunksatelliten benutzt werden muß, arbeiten bereits zahlreiche Satelliten, z. B. diejenigen der internationalen und regionalen Nachrichtensatellitensysteme, aber auch Wettersatelliten, Nachrichtensatelliten für bewegliche Funkdienste usw. Ihre Anzahl steigt. Zwischen den Satelliten muß aber ein Mindestabstand gewahrt bleiben; die Anzahl der Satellitenplätze ist daher begrenzt und beträgt insgesamt nicht einmal 2000. Daraus folgt, daß die Positionen von Rundfunksatelliten nicht frei wählbar sind, sondern ebenfalls internationaler Festlegungen bedürfen.

Die Internationale Fernmeldeunion fordert aus über-

tragungstechnischen Gründen einen Mindestabstand von 6 Winkelgrad zwischen Rundfunksatelliten bei maximal zulässigen Positionsabweichungen von $0,1^\circ$ in Nord-Süd- bzw. Ost-West-Richtung. Außerdem sollen die Positionen so zugeteilt sein, daß der Erhebungswinkel der Empfangsantennen nicht unter 20° liegt (bei zu geringem Erhebungswinkel bewirkt der lange Weg durch die Atmosphäre eine zu hohe Wellendämpfung). Es gelang der Internationalen Fernmeldeunion und ihren Fachausschüssen, einen Verteilungsplan auszuarbeiten, der diesen Forderungen im wesentlichen genügt.

Winkelabstand 6° bedeutet, daß auf der Synchronbahn maximal 60 Rundfunksatelliten Platz finden. Es werden sich also zunehmend mehrere Länder einen Satelliten »teilen« müssen.

Der DDR z. B. wurde die Position 1° w. L., vor der westafrikanischen Küste, zugewiesen. Wir teilen sie mit der ČSSR, Polen, Bulgarien, Ungarn und Rumänien.

Entscheidend für die technischen Parameter der Rundfunksatelliten ist, wie schon bei Ekran, einfache Ausführung der Bodeneinrichtungen. Zum Empfang mit einzelnen oder wenigen Empfängern sollen Parabolantennen von 90 cm Spiegeldurchmesser genügen, für ausgedehntere Verteilungsnetze sind solche bis zu 180 cm Durchmesser erforderlich.

Als Modulationsverfahren wird nicht, was an sich naheläge, die von allen Fernsehsendern angewandte Restseitenbandmodulation benutzt. Man greift vielmehr auf die vom UKW-Hörrundfunk bekannte Frequenzmodulation zurück. Das macht zwar auf der Empfangsseite eine Umwandlung der frequenzmodulierten in restseitenbandmodulierte Signale erforderlich, hat aber Vorzüge, die diesen Umweg aufwiegen, vor allem den, daß man für gleiche Empfangsqualität auf der Erde nur wenige Prozent der Satellitensendeleistung benötigt, die bei Restseitenbandmodulation erforderlich wäre. Man kommt so je Kanal mit einer Sendeleistung aus, wie sie Ekran aufbrachte.

Die Satellitenstrahlung »beleuchtet« eine mehr oder weniger große (je nach Öffnungswinkel der Strahlung) und mehr oder weniger ovale Fläche auf der Erde. Die Konturen der Staaten sind aber unregelmäßig, ein exak-



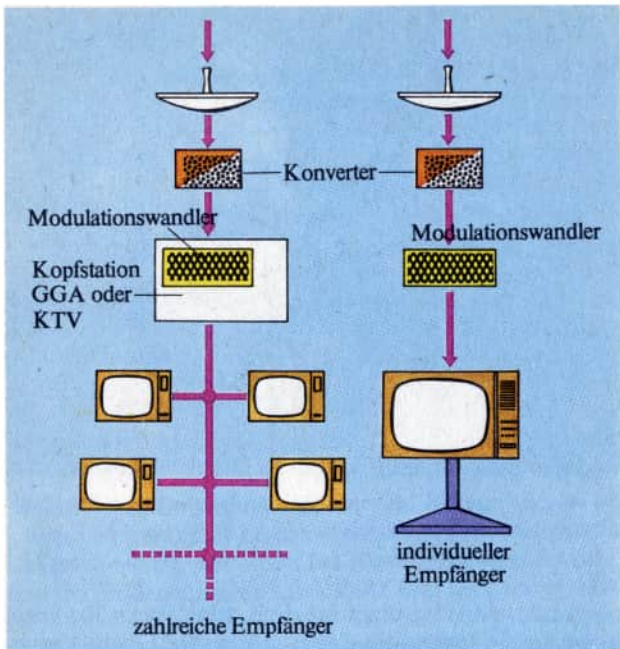
So etwa könnte eine Antenne für den Empfang von Rundfunksatelliten-Sendungen aussehen.

tes Ausleuchten ist nicht möglich. Man ist zu Kompromissen gezwungen, die dahin gehen, die Fläche des zu versorgenden Staates durch die kleinstmögliche Ellipse zu umschreiben. Dabei muß wie bei anderen Nachrichtensatellitensystemen die Antennenrichtung so exakt stabilisiert sein, daß die ausgeleuchtete Fläche sich nicht verschiebt.

Werfen wir einen Blick auf die Empfangsseite. Die Antennen erhalten keine Nachführungs- oder Korrekturrichtungen wie bei Erdefunkstellen. Es werden fest montierte Parabolantennen sein, deren Spiegel etwa durch eine metallbelegte »Plastschüssel« verwirklicht werden könnte.

Möglichst dicht an der Empfangsantenne ist ein Konverter angeordnet, der die empfangenen Zentimeterwellen in den UHF-Bereich umsetzt. Dadurch wird eine verlustarme Fortleitung der Empfangsenergie über Koaxialkabel möglich.

Die nunmehr vorliegenden UHF-Signale sind jedoch noch frequenzmoduliert, ein Fernsehempfänger könnte



Mindestens zwei ergänzende Baustufen sind für den Empfang von Rundfunksatelliten-Sendungen nötig: ein Konverter zur Umsetzung Zentimeterwellen/UHF, ein Modulationswandler Frequenzmodulation/Restseitenbandmodulation. Bei Gemeinschaftsanlagen sind diese Baustufen nur einmal nötig, unabhängig von der Zahl der angeschlossenen Empfänger.

sie nicht unmittelbar verarbeiten. Sie durchlaufen daher – gleich, ob sie einem einzelnen Fernsehempfänger oder, was zumindest anfänglich die Regel sein dürfte, einer Gemeinschaftsantennen- oder Kabelfernsehanlage eingespeist werden – einen Modulationswandler. Er übernimmt die Rückübersetzung in Restseitenbandmodulation. An den Empfängern selbst braucht dann nichts mehr »umgebaut« zu werden. Der Fernsehteilnehmer wählt mit seinem Gerät den Kanal, den er empfangen möchte.

Da ein Rundfunksatellit das Territorium eines Staates nicht genau erfassen kann, sind Überschneidungen der Versorgungsgebiete unvermeidbar. Das hat einerseits den Vorzug, daß Fernsehzuschauer in vielen Gegenden die Sendungen von zwei oder gar drei Satelliten verfolgen könnten; andererseits ergibt sich daraus die Möglichkeit des Mißbrauchs. Wie intensiv er von manchen Staaten gefördert und betrieben wird, ist den Bürgern sozialistischer Länder, die an kapitalistische grenzen, von Hörrundfunk und Fernsehen nur zu gut bekannt.

Als grober Mißbrauch sind auch Projekte von Werbeagenturen und Pressekonzernen zu betrachten, in Anlehnung an die berüchtigten »Piratensender« kommerzielle, von Inserenten finanzierte Rundfunksatelliten zu betreiben.

Rundfunksatelliten dürfen ausschließlich der Völkerverständigung, dem Frieden, dem Fortschritt, der Bildung und dem kulturellen Austausch dienen. Warnend stellte schon vor einem Jahrzehnt der damalige stellvertretende UNESCO-Generaldirektor fest, »Weltraumkommunikation, wenn ungeregelt genutzt, könnte zweifellos zu einem Mittel der Gewalt gegenüber den Schwachen werden«.

In der Tat könnten Rundfunksatelliten in der Hand oder unter der Regie imperialistischer Mächte eine gefährliche Waffe ideologischer Diversion werden. So »erklärt« sich wohl auch, daß die USA bisher alle über rein technische Fragen hinausgehenden internationalen Abkommen zu unterlaufen oder zumindest zu verzögern suchten.

Versuche, zu solchen Abmachungen zu kommen, sind nicht neu. 1972, also lange vor dem Start des ersten Ekran-Satelliten, legte die Sowjetunion der UNO-Vollversammlung den »Entwurf einer Konvention über Prinzipien der Nutzung künstlicher Erdsatelliten für Fernsehdirektübertragungen« vor. 102 Staaten stimmten ihm zu; 7 Staaten enthielten sich der Stimme, als einziges Land lehnten ihn die USA ab, weil er »den freien Meinungsaustausch behindere« ... Der Entwurf wurde nochmals überarbeitet und dem Weltraumausschuß der Vereinten Nationen übergeben.

Sein Inhalt ist – neben der schon genannten Zielsetzung – in Stichworten:

- gleiches Recht aller Staaten, Rundfunksatelliten zu betreiben oder sich am Betrieb zu beteiligen,
- gegenseitige Vereinbarungen von Anrainerstaaten bei Überschneidungen der Versorgungsgebiete,
- Direktsendungen in andere Staaten nur mit Zustimmung der jeweiligen Länder,
- Berechtigung der Staaten, rechtswidrig auf ihr Territorium gerichtete Sendungen mit technischen Mitteln unwirksam zu machen,
- volle Verantwortung jedes Staates für Betrieb und Programme seines Satelliten.

Kein vernünftiger Mensch wird die Annehmbarkeit dieser Vorschläge bestreiten, kein Land wird sich ihnen auf die Dauer widersetzen können.

Wann Ekran weitere Rundfunksatelliten folgen werden, steht noch nicht fest. Manche nennen noch die erste, andere die zweite Hälfte der achtziger Jahre. Wem das zu lange vorkommt, der bedenke, daß noch vor wenigen Jahren manche Fachleute meinten, daß es wohl nie gelingen werde, Satelliten hinreichend für einfache Empfangsanlagen zu stabilisieren.

Unterwegs – zu Wasser, in der Luft, auf dem Lande

Wir lernten Nachrichtensatelliten bisher bei festen Funkdiensten kennen. Das sind Funksysteme, deren Stationen an Ort und Stelle bleiben, zumindest für eine längere Zeit. Zahlreiche Nachrichtenverbindungen aber sind den beweglichen Funkdiensten zugeordnet. Zu ihnen zählen beispielsweise Funkverkehr mit oder zwischen Schiffen, Flugfunk, Funknetze des Verkehrswesens, der Behörden usw.

Beweglicher Funkdienst ist sogar älter als feste Funkdienste, denn die ersten Funkverbindungen wurden eingerichtet, um Schiffen eine Verbindungsmöglichkeit mit dem Festland oder anderen Wasserfahrzeugen zu schaffen.

Vor allem auf dem Gebiet der Seenot- und Havarieverbindungen wurden zahlreiche technische Maßnahmen und Vereinbarungen zum Schutz von Menschen und Gütern getroffen. Sie genügten trotzdem nicht immer den Anforderungen.

Allein 1978 sanken 473 große Frachter, fünf davon verschwanden spurlos. Auch manches Flugzeug blieb verschollen. Die meisten Havaristen hatten zwar noch Zeit für einen Notruf gefunden, waren aber nicht immer in der Lage, ihren Standort genau anzugeben. So blieb die Suche oft ergebnislos, oder die Helfer kamen zu spät.

Nach einem 1977 geschlossenen Regierungsabkommen über die friedliche Nutzung des Weltraums begannen die Sowjetunion und die USA, Satellitennot- und -suchsysteme auszuarbeiten. Die Sowjetunion schuf das System KOSPAR, die USA, Kanada und Frankreich entwickelten das System SARSAT.

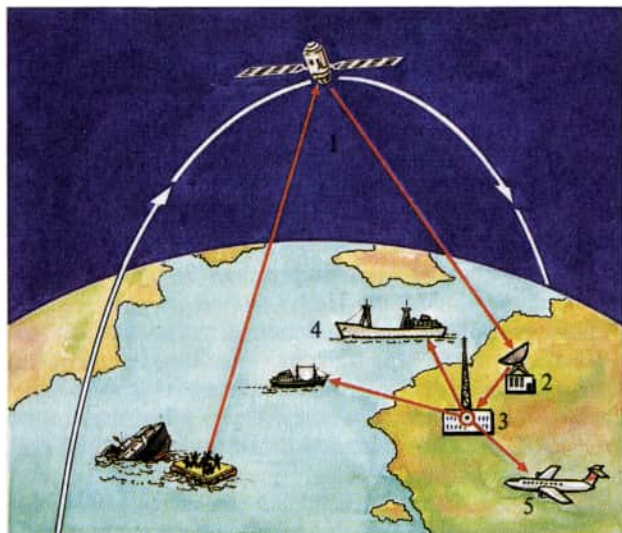
Im Jahre 1979 unterzeichneten die Partner ein Dokument, das unter anderem die wichtige Festlegung enthält, beide Systeme so auszulegen, daß sie miteinander und unabhängig voneinander funktionieren.

Grundlage des Systems werden mehrere sowjetische und amerikanische Satelliten sein. Sie fliegen in geringer Höhe (maximal etwa 1 000 km) und unter großem Winkel zum Äquator, kontrollieren streifenweise den ganzen Erdball und nehmen etwaige Notrufe auf, die sie an Bodenstationen weitergeben.

Alle Schiffe und Flugzeuge im Weitstreckenverkehr erhalten Funkbojen, die im Notfall selbsttätig Signale zum nächsten Satelliten senden. Er gibt sie zu den Bodenstationen weiter. Anhand der Signale und der bekannten Satellitenbahnen ermitteln Rechner den Standort der Funkboje innerhalb kürzester Zeit mit einer Genauigkeit von 1 bis 2 Seemeilen.

Die Standorte der Bodenstationen in der Sowjetunion (Archangelsk und Nachodka), in Frankreich, Kanada und den USA liegen fest, der Aufbau wurde begonnen. 1984 sollen die Vorversuche zur Einführung des Systems abgeschlossen sein.

Auch für reguläre Verbindungen läßt der Schiffsfunk, über große Entfernungen im Kurzwellenbereich abgewik-



Satellitengestütztes Seenot-Rettungssystem. 1 – Notrufsignale; 2 – Küstenfunkstelle; 3 – Rettungszentrale; 4 – nahe gelegene Schiffe; 5 – Suchflugzeug

kelt, viele Wünsche offen. Eine Verbindung herzustellen dauert oft länger als die Nachrichtenübermittlung selbst; atmosphärische und ionosphärische Störungen behindern den Funkverkehr oder machen ihn mitunter für kurze Zeit unmöglich; in verkehrsreichen Gegenden müssen die Funker nicht selten regelrecht »Schlange stehen«, ehe ihr Verbindungswunsch erfüllt werden kann.

Seit Beginn der siebziger Jahre befaßt sich die Internationale Schifffahrtsorganisation (IMCO) damit, Nachrichtensatelliten für den Schiffsfunk zu schaffen. 1975/76 wurde der Aufbau eines solchen Systems, INMARSAT (International Maritime Satellite Organisation), beschlossen. Es wird mit Synchronsatelliten über Atlantik, Indik und Pazifik arbeiten.

Gegenüber anderen Nachrichtensatellitensystemen zeigen sich erhebliche Unterschiede. Die Teilnehmerzahl wird groß sein und ständig steigen (man schätzt, daß 1990

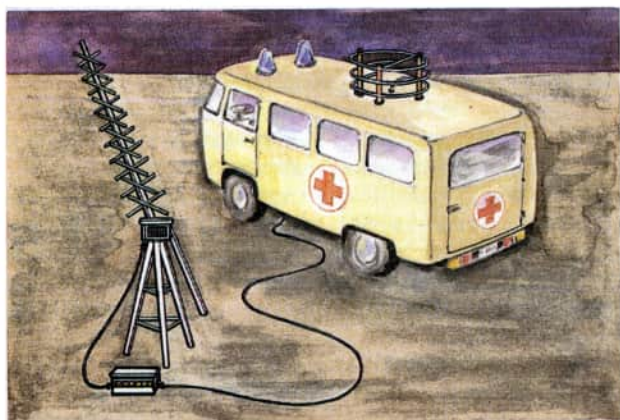
die Hälfte aller Frachter über 10000 BRT an INMAR-SAT teilnehmen werden), das Problem des Vielfachzugriffs ist daher weitaus schwieriger zu lösen als bei festen Funkdiensten.

Die Schiffsstationen müssen wetter- und klimafest, mechanisch robust und leicht bedienbar sein. Antennendurchmesser über wenige Meter scheiden an Bord aus, jedoch muß eine Antennennachführung vorhanden sein, die nicht nur Fahrt und Kurs des Schiffes, sondern auch Roll- und Stampfbewegungen berücksichtigt und kompensiert.

Diese technischen Fragen sind nicht unlösbar. Auch die Technik der Erdefunkstellen ist ausgereift. Die Betriebserprobung von INMARSAT wird daher nicht mehr lange auf sich warten lassen, wobei hinzugefügt sei, daß man erwägt, das System auch für Navigationszwecke auszubauen.

Spezielle Nachrichtensatelliten für die Luftfahrt sind in den nächsten Jahren kaum zu erwarten – abgesehen davon, daß die Satellitennotsysteme auch von Flugzeugen benutzt werden können. Bei den relativ kurzen Flugreisen kommt man bisher im allgemeinen mit vorhandenen

Fahrzeug-Erdefunkstelle für Notfälle (Naturkatastrophen, medizinische Hilfe usw.)



Nachrichtenverbindungen aus. Die rasche Zunahme des Luftverkehrs läßt es allerdings nicht ausgeschlossen erscheinen, daß eines Tages auch in diesem Bereich eine Umstellung notwendig wird.

Bewegliche Landfunkdienste können gleichfalls Nutzen aus Verbindungen über Nachrichtensatelliten ziehen. Mehrfach hat sich z. B. bei Naturkatastrophen erwiesen, daß der Aufbau konventioneller Nachrichtenverbindungen zu lange dauert. Bei einer Flutkatastrophe in Jamaica (1979) etwa verging eine Woche, bis nur ein Fernkabel wieder betrieben werden konnte. Die Einrichtung eines provisorischen Funknetzes benötigte zehn Tage. Mit mobilen, einfachen Erdefunkstellen, die nur eine Kapazität von wenigen Fernsprech- oder Fernschreibkanälen haben müßten, ließe sich spätestens nach Stunden eine Verbindung herstellen. Versuche in dieser Richtung (zum Herbeiholen medizinischer Hilfe und zur ärztlichen Beratung), die im Pazifik mit einem »uralten« (14 Jahre!) Experimental-Nachrichtensatelliten unternommen wurden, haben bestätigt, wie nützlich solche Verbindungsmöglichkeiten sein könnten.

Vielleicht ist der Tag nicht mehr fern, da in allen erdbeben-, wirbelsturm- oder überschwemmungsgefährdeten Gebieten unseres Planeten Kleinstationen auf Abruf bereitstehen, die im Katastrophenfall sofort Hilfe herbeirufen können, auch wenn alle Verbindungen am Boden abgerissen. Gewiß eine Aufgabe, die großer internationaler Anstrengungen bedürfte – doch zahllose Gerettete würden jede Mühe vielfach aufwiegen.

Im Jahre 1984 erscheint:

Walter Conrad

Technische Kuriositäten

Leseprobe aus dem Kapitel: Die Erben des Ikarus

»Wenn die Götter gewollt hätten, daß Menschen fliegen, hätten sie ihnen Flügel wachsen lassen« – hatten diejenigen recht, die diese Ansicht vertraten? Wenn ja, gab es immerhin einen Ausweg: Vögel als Zugtiere für Luftreisen. So fliegen schon auf vorderasiatischen Rollsiegeln Götter, Könige, Heroen mit Himmelswagen, gezogen meist von den als besonders kräftig geltenden Adlern. Sogar Alexander dem Großen dichteten später Schreiber eine solche Luftreise an. Der berühmte Makedonier soll seine Zugadler mit Stangen gesteuert haben, an deren Spitze leckere Pferdeleber hing und jeweils in die Flugrichtung geschwenkt wurde.

Wen verwundert es, daß die später euphorisch gefeierte Dampfmaschine auch den der Muskelanstrengung müden und überdrüssigen »fliegenden Menschen« neuen Auftrieb gab? Obgleich Versuche in dieser Richtung wenig Resultate brachten, orientierte man sich seitdem beim Fliegen vorwiegend auf die jeweils vorhandene oder auf eine mit prinzipiell vorhandenen Mitteln realisierbar scheinende Antriebsmaschine. Wir kennen die Resultate und nutzen sie. Daß es auf dem Wege dorthin nicht an Kuriositäten mangelte, versteht sich fast von selbst.

Bleiben wir für einige Zeilen bei Adlern als »Flugmotoren«. Es irrt, wer meint, derart »tierische Projekte« habe es nur vor der Dampfmaschine gegeben.

Im Jahre 1865 flatterte den Redakteuren des »Scientific American« der Plan einer »Natürlichen Flugmaschine« auf den Tisch, der allerdings, wie der Erfinder freimütig bekannte, noch der Verwirklichung harrete. Ein Adler kann, so schrieb er, mühelos 10 kg in die Lüfte tragen; denn bekanntlich entführen die beliebten Wappenvögel häufig Lämmer und Säuglinge (?). Fazit: Zehn Adler müßten als Antrieb für einen »Einsitzer« vollauf genügen. Sie werden an ein ringförmiges Gestell geschnürt. Der Pilot besteigt, um Eigenwilligkeiten seiner »Motoren« zu

begegnen, einen Käfig – die Reise kann beginnen. Leider wird nicht verraten, wie man die Adler zur Zusammenarbeit überredet und das Luftfahrzeug steuert.

Durch menschliche Muskeln betriebene Flugmaschinen gerieten gleichfalls nie in Vergessenheit. Sie existieren nicht nur auf dem Papier. Mit besseren, vor allem leichteren Materialien und zunehmenden Kenntnissen versuchten sich Techniker und »Außenseiter« an ihrer Ausführung.

Leider waren bei den mißglückten Versuchen auch Todesopfer zu beklagen. Ein Beispiel dafür ist der Absturz des Belgiers de Groof im Juli 1874. Er hatte mehrere Jahre auf die Konstruktion eines Schwingenflugzeuges verwandt und erhielt schließlich einen Apparat mit schmalen, schwalbenähnlichen Tragflächen von etwa 10 m Spannweite. Sie waren mit Seide bespannt und wurden über Schnüre mit den Händen rhythmisch heruntergezogen. Die Aufwärtsbewegung sollte, von Gummiseilen unterstützt, selbsttätig erfolgen. Eine ausgedehnte Schwanzfläche war zur Lagestabilisierung vorgesehen.

Ein Start vom Erdboden schied wegen der langen und sich nach unten durchbiegenden Schwalbenflügel aus. Daher sollte der Apparat vor dem Abflug erst einmal durch einen Ballon in die Höhe getragen werden. Bei einem Versuch im Juni 1874 wagte de Groof jedoch noch nicht, das Seil zwischen Ballon und Flugzeug zu durchschneiden (allerdings soll er Reportern gegenüber das Gegenteil behauptet haben). Einen Monat später, bei einem weiteren Experiment, kappte er das Seil (wobei die Berichte auseinandergehen, ob dies in 30 m oder in 300 m Höhe geschah). Wie dem auch sei, der Flugapparat geriet ins Trudeln, stürzte ab und begrub den Erfinder unter den Trümmern. Er starb, ohne das Bewußtsein wiedererlangt zu haben. Der erleichterte Ballon schoß mit seinem entsetzten Führer in die Höhe. Fast hätte es ein zweites Unglück gegeben; denn er landete ausgerechnet auf einem Bahndamm wenige Meter vor einem noch rechtzeitig zum Halten gebrachten Zug.

Stimulans für die Muskelkraftflieger nach de Groof waren nicht selten Preise von Zeitungsverlagen und Firmen. So verhielt 1912 die französische Firma Peugeot

demjenigen 10000 Francs, der mit Muskelkraft 10 m weit »fliegen« würde. Neun Jahre verstrichen, ehe sich ein Radrennfahrer den Preis holte. Sein Schlagflügler blieb jedoch ebenso bedeutungslos wie der eines Nachfolgers mit einem 50 m-Flug. Schon kleinste Luftsprünge forderten einen trainierten Athleten als Motor.

Trotzdem wurden immer wieder Schlagflügler erdacht und konstruiert. Viele halten sie für völlig abwegig. Andere, wie in jüngster Zeit der sowjetische Kunstmaler Michail Ljachow, dessen durch vielfältige und sorgsame Studien untermauertes Steckenpferd die Muskelkraft-Fliegerei ist, sind dagegen »... überzeugt, daß die Zukunft den Schlagflügelflugzeugen gehört; denn sie brauchen keine langen Landebahnen und werden überall landen können. Der Schlagflügler wird leicht zu fliegen und so flugsicher sein, daß damit selbst Schüler zur Schule und Omas zum Markt fliegen können ...« So war es 1979 im »Sputnik« zu lesen. Ein (zu) optimistisches Bild? Warten wir ab, inzwischen könnten wir über das Verkehrschaos nachdenken, das da auf uns zurollen bzw. zufliegen würde.

Sobald Fahrräder die Fortbewegungsmöglichkeiten mit Hilfe der Beinmuskulatur gesteigert hatten, sollte der »Oberschenkelmotor« Luftfahrzeuge antreiben. Man versuchte zunächst, Pedalbewegung und Schwingenschlag zu kombinieren. Trotz ausgeklügelter (und verlustbehafteter) Hebelgestänge und Drahtzüge und Unmengen vergossenen Schweißes winkte dabei kein Erfolg.

Einen Teil des Impulses für solche Bestrebungen lieferten nach wie vor von Firmen, Vereinen, Institutionen usw. ausgeschriebene Preise. So lockte beispielsweise eine 5000-Mark-Prämie der »Polytechnischen Gesellschaft Frankfurt/M.« für einen geschlossenen Flug um 500 m voneinander entfernte Wendemarken.

Der erste ernstzunehmende »Angriff« auf diesen Preis erfolgte im August 1935. Ein propellergetriebenes Muskelkraftflugzeug legte in etwa 1 m Höhe 195 m, am Tage darauf 235 m zurück. Der Preis lag damit noch in weiter Ferne. Das hinderte aber die deutsche Presse nicht (man schrieb, wie erwähnt, 1935), die »epochemachende Tat eines Deutschen« zu feiern. Übrigens wurde der Scheck auch später nicht ausgeschrieben.

Nach 1960 setzten britische Unternehmer erneut einen Preis aus. Um zwei Zielmarken im Abstand von etwa 800 m mußte eine »8« geflogen werden; außerdem waren zwei 3,30 m hohe Hindernisse zu überfliegen.

Bei dem Versuch, den Preis zu erringen, wurden modernste aerodynamische und technologische Kenntnisse in ein Flugzeug aus Aluminiumrohren, Klaviersaitendraht, Plastfolie, Leichtholz und Wellpappe umgesetzt. Der Apparat von 30 m Spannweite, mit Luftschraube und Pedalantrieb wog – eine großartige technologische Leistung – mit »aufgesessenem« Piloten, dem Drachenflieger Bryan Allen, nur 100 kg. Im August 1977 startete Allen zum entscheidenden Versuch. Nach 10 m Rollstrecke hob die Maschine ab und erfüllte in nicht einmal acht Minuten die vorgegebenen Bedingungen. Knappe zwei Jahre später, im Juni 1979, strampelte Allen mit einer verbesserten Ausführung 30 km weit von England zur französischen Küste. Die Beinmuskeln mußten bei diesen Versuchen etwa 250 W leisten. Über längere Strecken hält das niemand durch. Zwar sind die Konstrukteure überzeugt, daß sich die erforderliche Leistung noch senken läßt. Sie glauben, daß Sportler auf diese Weise einige Stunden in der Luft bleiben können; doch eben nur Sportler. So ist wohl auch diese Variante des Jedermann-Flugzeugs vorerst ein unerfüllbarer Wunsch.

Schon zuvor verhiß eine Kombination aus unbewegten Tragflächen und Luftschreiben einfachere und wirksamere Lösungen; denn dabei mußte nur eine Drehbewegung erzeugt und übertragen werden. Da gab es z. B. die »Flugmaschine« von Goupil (1885). Trotz möglichst leichter Konstruktion und Seidenpapierbespannung des Rumpfes betrug ihre Masse soviel wie Allens Maschine mitsamt dem Piloten. Der Pedalantrieb übernahm in der Startphase eine Doppelfunktion. Über das größere Rad sorgte er zunächst für eine genügende Rollgeschwindigkeit, durch die – unterstützt von der gleichfalls über die Pedale in Bewegung gesetzten Luftschraube – der Auftrieb wuchs, bis der Apparat flog – oder vielmehr fliegen sollte; denn über kleine Luftsprünge (die zudem umstritten blieben) kam Goupil nicht hinaus.

akzent-Reihe

(1974–1983)

1. Brosin, Vorstoß ins Ungewisse
2. Kobrinski, Achtung – Roboter!
3. Kirchberg, Oldtimer – Autos von einst
4. Lindner, Der Sternhimmel
5. Dorschner, Sind wir allein im Weltall?
6. Rast, Aus dem Tagebuch der Erde
7. Lindner, Kraftquell Kernenergie
8. Raths, Tiere im Winterschlaf
9. Lehmann, Mathe mit Pfiff
10. Peters, Mensch und Tierwelt
11. Brentjes, Die Erfindung des Haustieres
12. Mothes, Tiere am Fließband
13. Eyermann, Sojus – Apollo 1975
14. Thomas/Thomas, Milliarden Jahre Leben
15. Schönknecht, Schneller – aber wie?
16. Freytag, Vom Wasser- zum Landleben
17. Raubach, Rätsel um das Molekül
18. Rudolph, Olympische Spiele in der Antike
19. Krause, Gehirn contra Computer?
20. Friedemann, Leben wir unter kosmischen Einflüssen?
21. Mohrig, Wieviel Menschen trägt die Erde?
22. Günther, Gebaute Umwelt
23. Kéki, 5000 Jahre Schrift
24. Krumbiegel, Tiere und Pflanzen der Vorzeit
25. Windelband, Woher der Mensch kam
26. Winde/Knoll, Schlagadern des Seeverkehrs
27. Dorschner, Planeten – Geschwister der Erde?
28. Becher, Ist das Eigentum ewig?
29. Kurze, Leichter als Luft

30. Ritzhaupt u. a., Nahrung aus dem Meer
31. Kehnscherper, Auf der Suche nach Atlantis
32. Gränz/Kirchberg, Klassiker auf vier Rädern
33. Lange, Die Farben der Tiere
34. Wille, Sibirien – Erschließung eines Kontinents
35. Zimmermann, Nur eine Münze ...
36. Kolb, Lebensvorgänge unter der Lupe
37. Rühdanz, Bagdad – Hauptstadt der Kalifen
38. Lewantowski, Raumtransporter
39. Szécsényi-Nagy, Jenseits der Milchstraße
40. Odening, Parasiten – Geißel der Menschheit?
41. Brentjes, Vom Stamm zum Staat
42. Conrad, Vom Jakobsstab zur Satellitennavigation
43. Wassilewski, Vulkane – Feuer des Pluto
44. Petrik, Kurioses aus der Technik
45. Knoll/Winde, Windjammer
46. Mohrig, Wie kam der Mensch zur Familie?
47. Brentjes, Rätsel aus dem Altertum
48. Rehbein, Oldtimer auf Schienen
49. Marquart, Raumstationen
50. Herrmann, Besiedelt die Menschheit das Weltall?
51. Farkas, Veränderliche Tierwelt
52. Oppermann, Târnovo – Zarenstadt des Balkan
53. Rook, Oldtimer der Flüsse und Meere
54. Günther, Straßen, Brücken, Türme
55. Mothes, Durch Sonnenenergie mehr Nahrung
56. Katona, Interessantes aus der Medizintechnik
57. Marcinek, Droht eine nächste Kaltzeit?
58. Nichelmann, Licht und Leben
59. Lányi, Erstaunliches über Tiere
60. Brentjes, Libyens Weg durch die Jahrtausende
61. Scheikov, Leben und Symmetrie
62. Mletzko/Mletzko, Die Uhr des Lebens
63. Brentjes, Bauern, Mullahs, Schahinschahs
64. Müller/Pötsch, Vom Königspurpur zum Jeansblau
65. Conrad, Kommunikation 2000
66. Naumann, Wo steckt noch Energie?
67. Farkas, Wandernde Tierwelt
68. Vahlen, Weltwunder der Antike

»akzent« – die Taschenbuchreihe
mit vielseitiger Thematik:
Mensch und Gesellschaft,
Leben und Umwelt, Naturwissenschaft
und Technik. – Lebendiges Wissen
für jedermann, anregend und aktuell,
konkret und bildhaft.

Das Weltkommunikationsnetz ist unterschiedlich dicht „geknüpft“. Bleibt es ein Netz mit Löchern und Reserven? Welche neuen Verfahren und Systeme sind unumgänglich? Was bringt uns das Kabelfernsehen? Wie ist es um die Kommunikation über Laserstrecken und Glasfaserleitungen bestellt? Was leisten Nachrichtensatelliten? Wird der Satelliten-Jedermanns-Empfang Realität?
