

Peter Gerdson • Gesammelte Werke

—

Band 3

Mensch und Wissenschaft

Kommunikationssysteme I
[1994]

Theorie – Entwurf – Messtechnik

herausgegeben und eingeleitet
von
Hamid Reza Yousefi

gefördert durch
Peter–Gerdsen–Stiftung

Traugott Bautz
Nordhausen 2016

Bibliografische Information der Deutschen Bibliothek
Die Deutsche Bibliothek verzeichnet diese Publikation
in Der Deutschen Nationalbibliographie;
detaillierte bibliografische Daten sind im Internet
über <http://dnb.ddb.de> abrufbar.

Verlag Traugott Bautz GmbH
99734 Nordhausen 2016
Alle Rechte vorbehalten

Dieses Werk einschließlich aller seiner Teile ist urheberrechtlich geschützt.
Jede Verwertung außerhalb der engen Grenzen des Urheberrechtsgesetzes ist
ohne Zustimmung des Verlages unzulässig und strafbar. Das gilt insbesondere
für Vervielfältigung, Übersetzungen, Mikroverfilmungen und die Einspeicherung
und Verarbeitung in elektronischen Systemen.

Printed in Germany
ISBN 978-3-95948-044-0
www.bautz.de

Inhalt

Worum geht es in diesem Band?	7
[1994] Kommunikationssysteme 1	
- Theorie, Entwurf, Messtechnik	11
Aufgaben der Telekommunikation	15
1. Systemtheorie der Telekommunikation.....	21
1. 1. Struktur des Kommunikationssystems	22
1. 2. Das OSI-Referenzmodell	25
1. 3. Aufbau einer Kommunikationsschicht	33
1. 4. Klassifizierung und Funktionsweise von Kommunikationsdiensten	43
1. 5. Arbeitsweise der Instanz.....	55
1. 6. Übungsaufgaben.....	68
2. Bitübertragungsschicht.....	71
2. 1. Dienste der Bitübertragungsschicht	71
2. 2. Übertragungskanäle	75
2. 3. Digitale Übertragung.....	77
2. 4. Bitübertragungsprotokoll am Beispiel der seriellen Schnittstelle V.24.....	103
2. 5. Übungsaufgaben.....	118
3. Sicherungsschicht.....	121
3. 1. Fehlersicherung.....	123
3. 2. Dienste der Sicherungsschicht	137
3. 3. Sicherungsprotokolle.....	141
3. 4. Link Management.....	165
3. 5. Übungsaufgaben.....	188
4. Vermittlungsschicht	191
4. 1. Aufgaben eines Vermittlungsnetzes	191

Inhalt

4. 2. Vermittlungsverfahren.....	194
4. 3. Vermittlungsdienste	204
4. 4. Routing	209
4. 5. Protokollbeispiel : X.25-Paketvermittlung.....	215
4. 6. Übungsaufgaben.....	221
5. Transportschicht.....	223
5. 1. Dienste	223
5. 2. Transportprotokoll	225
6. Anwendungsbezogene Schichten.....	235
6. 1. Kommunikation von Anwendungsprozessen	235
6. 2. Anwendungsschicht	237
6. 3. Darstellungsschicht	238
6. 4. Kommunikationssteuerungsschicht.....	240
7. Entwurf von Kommunikationssystemen	247
7. 1. Entwurfsphasen.....	247
7. 2. SDL-Spezifikation.....	248
7. 3. Realisierung in Hardware / Software	288
7. 4. Softwarekonzepte	299
7. 5. Implementierung	319
8. Kommunikationsmesstechnik (KMT).....	341
8. 1. Übersicht und Einsatzgebiete	342
8. 2. Anforderungen an die Kommunikationsmesstechnik	344
8. 3. Messschnittstellen im Kommunikationssystem.....	346
8. 4. Messverfahren und -geräte.....	348
9. Anhang.....	381
9. 1. Standardisierungs- und Normungsgremien	381
9. 2. Liste von CCITT-Empfehlungen	382
9. 3. Liste sonstiger Normen.....	385
9. 4. SDL-Automatensymbole.....	386
9. 5. ASCII-Zeichensatz.....	391
9. 6. Lösungen zu den Übungsaufgaben	391
Glossar	401

Worum geht es in diesem Band?

Band 1:

Der erste Band umfasst die erste Sektion der Gesamtausgabe von Peter Gerdson mit folgenden Schriften: 13 natur- und ingenieurwissenschaftliche Abhandlungen aus den Jahren 1966-1979 sowie die Monographie ›Hochfrequenzmesstechnik – Messgeräte und Messverfahren‹ aus dem Jahr 1982. Charakteristisch für diese Periode ist, dass die Aufsätze 1966-1970 aus der Industriezeit Gerdsons, die praktische Anwendungen aus der Farbfernsehtechnik behandeln, während der Lehrtätigkeit 1971-1982 eine theoretische Vertiefung für das wissenschaftliche Fundament der studentischen Ausbildung erfahren. Die Hochfrequenzmesstechnik, die als konstitutives Element der Natur- und Ingenieurwissenschaften eine verbindende Bedeutung für Gerdsons Schriften hat, dokumentiert unter dem Paradigma der analogen Nachrichtentechnik eine Kulmination seines Wirkens.

Band 2:

Der zweite Band beschreibt einen vertiefenden Weg des Denkens von Peter Gerdson. In den 1980er Jahren vollzieht sich ein allmählicher Paradigmenwechsel von der analogen zur digitalen Nachrichtentechnik, welche die Gebiete der Signalübertragung und -verarbeitung umfasst. Dabei tritt an die Stelle der Signaldarstellung durch eine kontinuierliche Spannungszeitfunktion eine solche durch eine Zahlenfolge.

Die Signalverarbeitung wird nicht mehr mit einer Schaltung aus elektrischen und elektronischen Bauelementen durchgeführt, sondern mit einem Zahlenfolgen verarbeitenden Rechenwerk, welches durch einen Signalprozessor realisiert wird. Damit entsteht die Aufgabe, klassische Schaltungen der analogen Signalverarbeitung in Algorithmen für Signalprozessoren umzusetzen. Die neue digitale Nachrichtentechnik ist der analogen hinsichtlich der Präzision weit überlegen.

Diese veränderte Situation erforderte ein radikales Umdenken sowohl bei den Ingenieuren in der Praxis als auch bei den Studenten. Eingeleitet wird der vorliegende Band der Gesamtausgabe von Peter Gerdson durch den

Aufsatz ›Wandel in der Nachrichtentechnik‹, der in der ›Nachrichtentechnischen Zeitschrift NTZ – Fachmagazin für Telekommunikation und Informationstechnik‹ im November 1997 erschien. Der Aufsatz stellt die Grundzüge des Paradigmenwechsels dar, um diesen in der nachrichtentechnischen Öffentlichkeit zur Diskussion zu stellen.

Mit der anschließenden Monographie ›Digitale Signalverarbeitung in der Nachrichtenübertragung – Elemente, Bausteine, Systeme und ihre Algorithmen‹ gibt Peter Gerdson der neuen Situation insbesondere für die Ausbildung der Studenten ein sicheres Fundament. Die 1. Auflage des Buches erscheint 1993; auf Grund des großen Erfolges erfolgt 1997 eine 2. Auflage in wesentlich erweiterter Form, die Gegenstand des vorliegenden 2. Bandes der Gesamtausgabe ist. Dabei bezieht sich die Erweiterung hauptsächlich auf die Berücksichtigung von Simulationsprogrammen in der digitalen Signalverarbeitung. Damit wird einem Trend Rechnung getragen, Systeme nach ihrem Entwurf durch Simulation auf einem Computer auf ihre Eigenschaften hin zu überprüfen.

Solche Simulationsprogramme, die auch für die Schaltungen der analogen Nachrichtentechnik entwickelt wurden, sind durch die ständig steigenden Rechenleistungen der Computer möglich geworden. Die Monographie ist geprägt sowohl durch ihren Lehrbuchcharakter, der in zahlreichen Übungsaufgaben zum Ausdruck kommt, als auch von einer gründlichen Darstellung des neuen Gebietes der Nachrichtentechnik.

Band 3:

Kaum ein Gebiet hat eine so stürmische mit tiefgreifenden Paradigmenwechseln verbundene Entwicklung durchlaufen wie die elektrische Nachrichtentechnik. Die analoge Übertragungstechnik wurde abgelöst durch die digitale Übertragungstechnik; desgleichen die analoge Signalverarbeitung durch die digitale Signalverarbeitung.

Diese beiden Umbrüche waren sehr tiefgreifend, weil sie neue Begriffe und neue Formen des Denkens notwendig machten. In den 90er Jahren kam eine neue Herausforderung auf die Welt der Nachrichtentechnik zu. Während sowohl die analoge als auch die digitale Übertragungstechnik zunächst nur die Nachrichtenübertragung zwischen zwei Punkten im Blickpunkt hatten, bildeten sich schon vor über 100 Jahren Netze von Übertragungswegen heraus, welche die Notwendigkeit von Vermittlungstechniken mit sich brachten. Beispielhaft dafür ist das Fernsprechnet. Als Folge der Digitalisierung der Übertragungswege, durch die Signale in Form von Zahlenfolgen

dargestellt werden, ergab sich die effiziente Möglichkeit die in den Netzknoten auftretende Notwendigkeit der Vermittlung durch Computer zu realisieren.

Während ursprünglich in der Form des Fernsprechnetzes die Mensch-zu-Mensch-Kommunikation dominant war, trat schon frühzeitig Maschine-zu-Maschine-Kommunikation in der Vordergrund, wie es z.B. bei den miteinander kommunizierenden Telefax-Geräten der Fall ist. Diese Situation erfuhr eine wesentliche Erweiterung durch die immer weiter um sich greifenden Computernetze. Besonders markantes Beispiel dafür ist das Internet, das durch die Einführung des WWW-Dienstes (World Wide Web) eine enorme Verbreitung erfuhr und bereits 1989 als Projekt der Forschungseinrichtung CERN entwickelt wurde.

Dieser komplexen und komplizierten Situation wurde eine übergreifende Systemtheorie der Kommunikation notwendig, um Studenten ein vertieftes Verständnis der vielfältigen Kommunikationsnetze unter übergeordneten Gesichtspunkten zu ermöglichen. Für die analoge Nachrichtentechnik hatte Karl Küpfmüller eine ›Systemtheorie der elektrischen Nachrichtenübertragung‹ entwickelt, die bereits 1949 erschien und in zahllosen Auflagen den Ingenieuren der Nachrichtentechnik eine Orientierungshilfe ist.

Inhalt des vorliegenden dritten Bandes ist das Buch ›Kommunikationssysteme 1 – Theorie, Entwurf, Messtechnik‹, das eine ›Systemtheorie der Telekommunikation‹ enthält. So wie zur Beschreibung der Algorithmen in Computern besondere Sprachen in der Form von Algol (**A**lgorithmic Language), dessen Weiter Entwicklung die Namen Pascal und C⁺⁺ tragen, erforderlich wurden, war dies auch bei der Formulierung einer ›Systemtheorie der Telekommunikation‹ der Fall. Durchgesetzt hat sich zur Beschreibung der Vorgänge in Kommunikationssystemen die Sprache SDL (**S**pecification and **D**escription Language), die auch wesentlicher Bestandteil des vorliegenden Bandes ist.

[1994] Kommunikationssysteme 1 - Theorie, Entwurf, Messtechnik

Vorwort

Die Kommunikationstechnik hat sich in den letzten Jahren weltweit zu den am stärksten expandierenden technischen Aufgabengebieten entwickelt. Dieser Trend ist durch die rasante Entwicklung der Computer- und Softwaretechnik und durch den zunehmenden Bedarf nach Informationsaustausch zwischen den Rechnersystemen bedingt. Eine Vielzahl bestehender Telekommunikationsnetze sowie lokaler Rechnernetze machen dieses deutlich.

Die Komplexität heutiger Rechneranwendungen erfordert von den sie verbindenden Kommunikationsnetzen einen hohen Komplexitätsgrad, der nur durch den Einsatz von Rechnern und hochintegrierten Telekom-Bausteinen der Mikroelektronik realisiert werden kann. So ist es nicht verwunderlich, dass moderne Kommunikationssysteme in den Vermittlungsknoten und den Endgeräten durch Rechner mit entsprechender Kommunikationssoftware realisiert sind. Kommunikationssysteme und ihre Technik sind damit zum Bindeglied der klassischen Nachrichtentechnik und Informatik geworden. Als Konsequenz hieraus hat sich die Telekommunikation in den letzten Jahren zu einem eigenständigen Fachgebiet entwickelt, mit einer Systemtheorie, spezieller Terminologie, spezieller Entwurfsmethodik und softwaregestützten Entwicklungswerkzeugen sowie einer besonderen Messtechnik.

Die industrielle Praxis zeigt, dass Kommunikationssysteme fast ausnahmslos von Ingenieuren der Nachrichtentechnik und Technischen Informatik konzipiert und realisiert werden. Grundlegendes Wissen der Telekommunikation, ihrer Entwurfsverfahren und messtechnisches Wissen werden deshalb heute bei jedem Ingenieur dieser Fachdisziplin vorausgesetzt. Das vorliegende Buch soll dieses Wissen vermitteln.

Das Buch hat zwei Bände. Dieser **Band I** behandelt die Systemtheorie der Kommunikation und zeigt basierend hierauf systematisch die Schritte zum Entwerfen und Implementieren von Kommunikationssystemen auf. Besonderer Wert wird hierbei auf die Konstruktion der Systeme und das Automatenverhalten ihrer Grundbausteine gelegt. Ausführliche Programmierbeispiele zeigen, wie solche Grundbausteine realisiert werden.

Einen breiten Raum nimmt die Kommunikationsmesstechnik ein. Kommunikationsmesstechnik unterscheidet sich in vielen Punkten von der klassischen Signalmesstechnik. Im letzten Abschnitt dieses Bandes I wird auf die besonderen Messaufgaben eingegangen. Dazu gehören einfache Messaufgaben wie Schnittstellentests und Bitfehlermessungen bis hin zu komplexen Messaufgaben wie Daten-, Protokoll- und Netzanalyse. Detailliert werden der Aufbau sowie die Wirkungsweise von Messgeräten besprochen.

Übungsaufgaben am Ende eines Kapitels, sowohl zur Systemtheorie als auch zur Praxis, sollen dem Leser eine Kontrollmöglichkeit über das Erlernete verschaffen. Ihre Bearbeitung wird dringend empfohlen. Die Lösungen hierzu finden sich im Anhang.

Zur praxisnahen Vertiefung der Kenntnisse und zur direkten Anwendung des Erlerneten dient der **Band II: Anleitung zum praktischen Entwurf**. Anhand eines konkreten und vollständigen Projektbeispiels werden alle Entwurfsphasen für ein Kommunikationssystem vorgeführt: von der Anforderungsanalyse über die formale Spezifikation bis hin zur Implementierung.

Das Buch soll helfen, die Lücke zwischen der vielfach recht abstrakten Darstellung der Materie in der Literatur und den praktischen Belangen eines Entwicklungsingenieurs zu schließen, indem es aufzeigt, wie die OSI¹-Struktur eines Telekommunikationssystems in ein funktionsfähiges System umzusetzen ist. Dabei spielt die Methode eine wichtige Rolle. Bewusst wird deswegen auf eine produktnahe Behandlung von heute marktgängigen Telekommunikationssystemen verzichtet. Vielmehr sollen die prinzipiellen Probleme der Kommunikation und die daraus resultierenden Verfahren und Protokolle besprochen werden. An geeigneten Stellen wird dann jeweils der Bezug zu marktüblichen Systemen gegeben.

In Anlehnung an die Praxis liegt der Schwerpunkt bei der Implementierung naturgemäß in der Software. Die Implementierung der wichtigsten Systembausteine eines Kommunikationssystems wie Instanz, Dienstzugangspunkt, Protokoll und Timer werden ausführlich behandelt. Die hierzu vorhandenen Programmierbeispiele sind in Turbo-Pascal erstellt. Eine Umsetzung der Programmbeispiele in andere Hochsprachen, z.B. C, sollte einem geübten Ingenieur problemlos möglich sein.

Das zweibändige Buch entstand in Anlehnung an eine Vorlesung Kommunikationssysteme, die von den Verfassern an der Fachhochschule Hamburg für Studenten der Nachrichtentechnik im 7. Semester gehalten wird. Es ist

¹ OSI: Open System Interconnection Referenzmodell der International Standard Organisation (ISO).

gleichzeitig Lehr- und Fachbuch. Als Lehrbuch richtet es sich vornehmlich an Studenten der Nachrichten- und Datentechnik sowie der Technischen Informatik. Als Fachbuch soll es dem bereits in der Praxis tätigen Entwicklungsingenieur sehr hilfreich sein, sich in das Fachgebiet der Kommunikationssysteme mit dem Ziel einzuarbeiten, eigenständig Systembausteine der Telekommunikation zu entwickeln. Vorausgesetzt werden Grundkenntnisse der Nachrichtentechnik, des Softwareentwurfs sowie Pascal-Programmierkenntnisse.

Dem Springer-Verlag, speziell Herrn Dipl.-Ing. Lehnert, möchten wir für die bewährt gute Zusammenarbeit danken. Ein besonderer Dank gilt auch unseren Familien für das uns in den vielen Monaten der Entstehung dieses Buches entgegengebrachte Verständnis.

Hamburg, im Frühjahr 1994
Peter Kröger
Peter Gerdson

Aufgaben der Telekommunikation

Kommunikation ist ein Vorgang zum Informations- oder Nachrichtenaustausch von Mensch zu Mensch. Der Mensch ist i.a. Erzeuger (Quelle) und Verarbeiter (Sinke) dieser Informationen, wenngleich in zunehmendem Maße als Verarbeiter auch Maschinen in Form von Rechnern an der Kommunikation beteiligt sind. Nach Art der an der Kommunikation beteiligten Quelle und Sinke sind Kommunikationsbeziehungen von Mensch zu Mensch, Mensch zu Maschine und Maschine zu Maschine möglich.

Die Information kann auf verschiedene Arten ausgetauscht werden: als gesprochenes Wort, als geschriebenes Wort, in bildhafter Form, und, wenn Maschinen an der Kommunikation beteiligt sind, als allgemeine Daten. Man unterscheidet grundsätzlich folgende Nachrichtenarten: Sprache, Text, Festbild, Bewegtbild und Daten. Wenn die Informationen über räumliche Entfernungen mit technischen Systemen transportiert werden, nennt man den Informationsaustausch *Telekommunikation*. Im Folgenden soll von dieser Art der Kommunikation gesprochen werden.

Nachrichtenübertragungstechnik

Nachrichtenübertragungssysteme sind technische Systeme, die dem Informationsaustausch zwischen der Quelle und der Sinke dienen. Die Systeme überbrücken die räumliche Entfernung zwischen der Quelle und der Sinke. Ihre wichtigste Aufgabe besteht darin, die Informationen bzw. Nachrichten in elektrische Signale umzuwandeln, diese dann in eine geeignete Form zur Übertragung umzuformen und schließlich die Übertragung zu steuern. Die Signalumformung bezeichnet man als Codierung. Die Codierung stellt die Nachricht als ein physikalisches Signal dar, das sich zur Übertragung über ein Übertragungsmedium (elektrische Leitung, Glasfaserleitung, Luft etc.) eignet.

In der klassischen Betrachtungsweise der Nachrichtenübertragungstechnik wird der gesamte Übertragungsvorgang modellhaft in mehrere Teilfunktionen zerlegt (Bild1). Die aus der Quelle austretende Nachricht wird auf der Sendeseite zunächst mit einem Wandler in ein elektrisches Signal umgeformt. In der Quellencodierung reduziert man Redundanz- und Irrele-

vanz der Nachricht, um Übertragungsbandbreite einzusparen. Die anschließende Kanalcodierung passt das Signal an die Bandbreite und Dynamik des Übertragungskanals an.

Der Übertragungskanal innerhalb eines Mediums überträgt die Signale vom Sendeort zum Empfangsort.

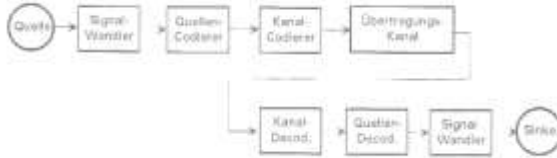


Bild 1. Modell des klassischen Nachrichtenübertragungssystems

Auf der Empfangsseite formen Decodierer die Nachricht spiegelbildlich zur Codierung der Sendeseite um. Der Quellendecodierer fügt dem Signal ggf. die Redundanz wieder zu. Die Nachricht wird in geeigneter Form an die Senke gegeben. Herkömmliche Nachrichtenübertragungssysteme arbeiten meist mit einer analogen Signaldarstellung auf dem gesamten Übertragungsweg. In neueren Systemen wird aus ökonomischen Gründen und aufgrund ihrer Störsicherheit die digitale Signaldarstellung bevorzugt. Die Quellencodierung muss hierbei zusätzlich die Digitalisierung des analogen Wandlersignals vornehmen.

Die Aufgaben eines Übertragungssystems der klassischen Nachrichtentechnik lassen sich wie folgt zusammenfassen: Signalumformung in den Wandlern, Redundanz- und Irrelevanzreduktion sowie Digitalisierung im Quellencodierer/decodierer, Signalanpassung an die Übertragungseigenschaften des Kanals im Kanalcodierer/Decodierer (Leitungscodierung, Modulation, Störunterdrückung) sowie Taktübertragung und Taktrückgewinnung im Kanalcodierer/decodierer (bei digitaler Übertragung).

Telekommunikationssysteme

Das Modell des klassischen Nachrichtenübertragungssystems lässt zwei Einschränkungen erkennen. Die Kommunikation ist einseitig von der Quelle zur Senke gerichtet und es sind an der Kommunikation nur jeweils eine Quelle und eine Senke beteiligt.

Im Allgemeinen ist Kommunikation ein wesentlich umfassenderer Vorgang, wie dies bereits die natürliche Mensch-zu-Mensch-Kommunikation zeigt. Kommunikation beinhaltet die Möglichkeit des Dialogs, d.h. des zweiseitigen Nachrichtenaustausches in Hin- und Rückrichtung zwischen den

Kommunikationspartnern. Außerdem ist die wahlfreie Kommunikation zu einem bestimmten Partner einer Gruppe von Kommunikationsteilnehmern gegeben.

Ein *Telekommunikationssystem* hat dementsprechend neben den Aufgaben der klassischen Nachrichtenübertragungstechnik auch die Aufgabe, mehrere Quellen und Sinken über ein Netz wahlfrei zu verbinden, man spricht von vermitteln. Ferner muss das System den beidseitigen Nachrichtenaustausch unterstützen und geordnet steuern, man nennt dies Dialogsteuerung. Hieraus ergibt sich der in Bild 2 gezeigte prinzipielle Aufbau eines Kommunikationssystems.

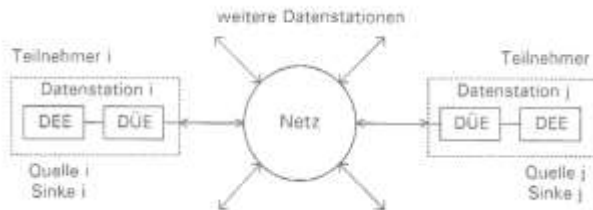


Bild 2. Telekommunikationssystem

DEE : Datenendeinrichtung DÜE : Datenübertragungeinrichtung

Ein Kommunikationsnetz verbindet mehrere Quellen und Sinken, dies sind die Teilnehmer der Kommunikation. Das Netz umfasst die Übertragungswege von und zu den Teilnehmern, deren Betriebsmittel zur Taktung und Synchronisation sowie die Vermittlungsfunktionen, mit denen es wahlfrei und gleichzeitig mehrere Verbindungen zwischen den Teilnehmern herstellt. Insbesondere die Vermittlungsfunktionen können bei räumlich weit ausgedehnten Netzen mit großer Teilnehmerzahl sehr umfangreich sein. Die Funktionen sind meist auf mehrere, räumlich getrennte Vermittlungszentren oder -knoten verteilt, wodurch sich in der Praxis ein erheblicher Steuerungsaufwand in den Netzknoten ergibt. Steuerungsinformation muss zwischen den Knoten ausgetauscht werden. Auch sie ist Bestandteil der Telekommunikation und muss neben der eigentlichen Kommunikation zwischen den Teilnehmern berücksichtigt werden.

Sämtliche Übertragungswege und die Vermittlungsfunktionen sind bidirektional ausgeführt. Die Teilnehmer des Netzes können Informationen senden und empfangen wodurch der zweiseitige Nachrichtenaustausch möglich wird.

Der Teilnehmer besteht aus der Quelle, der Senke und den technischen Einrichtungen zur Signalumwandlung, Codierung und Decodierung der Nachrichten. Die technischen Einrichtungen fasst man in dem Begriff *Datenstation* zusammen. In Kommunikationssystemen, die ein öffentliches Netz benutzen (z.B. das Fernsprechnetz), sind diese technischen Einrichtungen in Form zweier Geräte realisiert:

Die *Datenendeinrichtung* (DEE) beinhaltet die Quellencodierung/-Decodierung und die Signalumwandlung zur Quelle/Senke. In der *Datenübertragungseinrichtung* (DÜE) finden sich die Funktionen der Kanalcodierung/-decodierung, Taktung und Synchronisation. In beiden Geräten sind darüber hinaus umfangreiche Funktionen zur Steuerung der Kommunikation notwendig. In privaten Netzen sind die DEE und die DÜE meist in einem Gerät integriert.

Die Teilnehmer eines Kommunikationssystems können unterschiedliche Nachrichtenarten produzieren und verarbeiten. Durch verschiedene Datenendeinrichtungen in Verbindung mit Datenübertragungseinrichtungen kann man Sprache, Text, Bilder und Daten über ein Netz übertragen. Als Beispiel sei hier das öffentliche Fernsprechnetz genannt, über das neben dem Fernsprechen auch alternativ die Übertragung von graphischen Informationen (Fax¹) und Computerdaten möglich ist. Als DÜE wird hierbei ein MODEM² eingesetzt. Neueste Entwicklungen in der Kommunikationstechnik bieten darüber hinaus auch die Möglichkeit der Anpassung oder gar der Integration verschiedener Nachrichtenarten in den Endeinrichtungen. Dies setzt in der Regel eine Digitalisierung der Nachrichten im Netz und in den Endeinrichtungen voraus. Das öffentliche Digitalnetz ISDN³ mit seinen standardisierten, multifunktionalen Endgeräten ist ein typischer Vertreter dieser Kommunikationssysteme.

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass das Telekommunikationssystem gewissermaßen eine Erweiterung des klassischen Nachrichtenübertragungssystems darstellt. Das Kommunikationssystem verbindet die Aufgaben der klassischen Nachrichtentechnik mit denen der Informationsverar-

¹ Fax: Faksimile-Dienst im Fernsprechnetz.

² MODEM: Kunstwort für eine technische Einrichtung zum Modulieren und Demodulieren.

³ ISDN: Integrated Services Digital Network, Dienstintegriertes öffentliches Digitalnetz der Deutschen Bundespost Telekom.

beitung, der Informatik. Die Nähe der Kommunikationssysteme zur Informatik wird u.a. auch dadurch sichtbar, dass große Teile der Kommunikationssysteme mittels Software anstelle von Hardware realisiert werden.

Es bleibt festzuhalten, dass das Modell der Nachrichtenübertragung im Modell des Telekommunikationssystems enthalten ist. Die Funktionen der reinen Übertragungstechnik sind in den Endeinrichtungen des Teilnehmers und im Netz vorhanden. Die erweiterten Aufgaben des Telekommunikationssystems dagegen sind: Steuerung des zweiseitigen Nachrichtenaustausches, Steuerung des Dialogs zwischen den Teilnehmern, gleichzeitige Verbindung mehrerer Teilnehmer über ein Netz, Übertragung und Verarbeitung unterschiedlicher Nachrichtenarten sowie ggf. Integration verschiedener Nachrichtenarten.

Zur Lösung dieser Aufgaben ist eine spezielle Technik notwendig, die *Kommunikationstechnik*. Ihre Behandlung soll Schwerpunkt des vorliegenden Buches sein, indem die zugrunde liegende Systemtheorie, die eingesetzten Verfahren und Realisierungsmöglichkeiten angesprochen werden. Dabei sollen die Aufgaben der klassischen Nachrichtenübertragung, und deren Techniken als bekannt vorausgesetzt und deshalb hier nur zusammenfassend behandelt werden, wenngleich diese sehr wohl zum Gebiet der Kommunikationssysteme gehören.

1. Systemtheorie der Telekommunikation

Kommunikation über ein Netz, u.U. auch ein weltweites Netz, erfordert, dass die hieran angeschlossenen Geräte bestimmten, für das betreffende Netz festgelegten Standards entsprechen. Die Geräte müssen einerseits kompatibel zu den Netzschnittstellen und andererseits auch untereinander kompatibel sein. Nationale und internationale Normungsgremien legen diese Standards fest. Im Bereich der privaten Kommunikationsnetze tritt nicht selten eine Standardisierung auch dadurch ein, dass Produkte durch namhafte Hersteller erfolgreich vermarktet werden und andere Hersteller sich dann an diesen, bestehenden Realisierungen orientieren.

Dadurch prägen die Produkte dann einen De-facto-Standard. In jedem Fall verstehen sich die Standards nach deren Veröffentlichung als Realisierungsempfehlungen an die Hersteller von Telekommunikationsprodukten und sind nicht zu verwechseln mit Normen. Anhang 9.1 stellt einige wichtige Standardisierungs- und Normungsgremien, die für die Telekommunikation tätig sind, zusammen.

Die Standardisierung eines Kommunikationssystems behandelt die drei Grundthemen: Struktur, Kommunikationsabläufe und Schnittstellen. Geräte, die innerhalb eines Systems kompatibel miteinander kommunizieren sollen, müssen ähnlich in ihrem funktionellen Aufbau ähnlich sein, d.h. ihre Struktur muss ähnlich sein. Kommunikationspartner können sich nur verständigen, wenn sie vorab Vereinbarungen über die zeitliche und logische Abfolge ihrer Kommunikation getroffen haben. Dementsprechend sind die Kommunikationsabläufe der Geräte zu standardisieren. Und schließlich ist einleuchtend, dass Verbindungsschnittstellen zwischen dem Netz und den Geräten festzulegen sind, damit die Signalübertragung kompatibel ist.

Die Festlegungen haben so zu erfolgen, dass mit den Standards nur ein gewisser Rahmen, nicht aber bereits eine ganz bestimmte Technik vorgeschrieben wird. Eine derartig tiefgreifende Standardisierung ist nicht gewünscht, da sie die Innovation in der Gerätetechnik hemmen würde. Sie ist auch nicht notwendig, wie wir sehen werden. Außerdem muss die Standardisierung immer so erfolgen, dass ein genügender Raum für spätere Erweiterungen bleibt; das Kommunikationssystem muss offen für Geräteerweiterungen bleiben.

Die Telekommunikation nennt in diesem Zusammenhang den Begriff des offenen Kommunikationssystems. Ein *offenes Kommunikationssystem* folgt, im Gegensatz zu einem geschlossenen System, internationalen Standards. Teilnehmergeräte und andere Systemteile beliebiger Hersteller können über ein offenes Kommunikationssystem unmittelbar, d.h. ohne zusätzliche Anpassungsfunktionen kommunizieren, sofern sich die Gerätehersteller an die Standards halten. Bekanntestes Beispiel eines derartigen Systems ist das weltweite Fernsprechnet.

Dieser "größte technische Apparat der Erde" besteht aus einem Verbund internationaler, nationaler und regionaler Fernsprechnetze. An seinen Teilnehmersteckdosen können Fernsprechapparate und Datenübertragungseinrichtungen verschiedenster Hersteller an beliebigen Orten angeschlossen werden. Der Kommunikationsablauf am Fernsprechapparat ist, von geringfügigen Abweichungen abgesehen, immer gleich. Die in den Teilsystemen und den Fernsprechapparaten enthaltene Technik ist sehr unterschiedlich und bleibt den Benutzern des Systems (bewusst) verborgen.

1. 1. Struktur des Kommunikationssystems

Die Kommunikation ist ein Vorgang des Nachrichtenaustausches zwischen mindestens zwei eigenständig agierenden und reagierenden Kommunikationspartnern. Kommunikationspartner können Menschen und Maschinen sein. Eigenständig agierende und reagierende Maschinen bezeichnet man als Automaten. Kommunikation in erweitertem Sinn lässt sich somit als Nachrichtenaustausch zwischen mindestens zwei Automaten auffassen. Wir definieren deshalb:

Kommunikation ist der zeitlich und logisch ablaufende Vorgang eines Nachrichtenaustausches zwischen mindestens zwei Automaten. Der Mensch, ein möglicher Kommunikationspartner, soll hierbei ebenfalls als Automat aufgefasst werden.

Die Kommunikation ist auf die Partner verteilt und gliedert sich in mehrere Teilvorgänge. Dieses allen Kommunikationssystemen eigene Gliederungsprinzip sei am einfachen Beispiel der (natürlichen) Mensch-zu-Mensch-Kommunikation erläutert (Bild 1.1).

Ein Mensch A will einem ihm gegenüber stehenden Menschen B Gedanken übermitteln. Dazu muss er zunächst einmal in einem Teilvorgang Gedanken im Gehirn produzieren. Die Gedanken sind (leider noch nicht) auf direktem Wege übermittelbar und deshalb benutzt Mensch A seine biologi-