

Ulrich Freyer
Michael Silverberg



Medientechnik

Basiswissen, Konzepte, Verfahren, Anwendungen



2., überarbeitete und erweiterte Auflage

HANSER



Blieben Sie auf dem Laufenden!

Hanser Newsletter informieren Sie regelmäßig über neue Bücher und Termine aus den verschiedenen Bereichen der Technik. Profitieren Sie auch von Gewinnspielen und exklusiven Leseproben. Gleich anmelden unter

www.hanser-fachbuch.de/newsletter

Ulrich Freyer/Michael Silverberg

Medientechnik

Basiswissen, Konzepte, Verfahren, Anwendungen

2., überarbeitete und erweiterte Auflage

HANSER

Die Autoren:

Ulrich Freyer, Analyst für Medientechnik

Prof. Dr. Michael Silverberg, TH Köln



MIX
Papier aus verantwortungsvollen Quellen
FSC® C083411

Alle in diesem Buch enthaltenen Informationen wurden nach bestem Wissen zusammengestellt und mit Sorgfalt geprüft und getestet. Dennoch sind Fehler nicht ganz auszuschließen. Aus diesem Grund sind die im vorliegenden Buch enthaltenen Informationen mit keiner Verpflichtung oder Garantie irgendeiner Art verbunden. Autor(en, Herausgeber) und Verlag übernehmen infolgedessen keine Verantwortung und werden keine daraus folgende oder sonstige Haftung übernehmen, die auf irgendeine Weise aus der Benutzung dieser Informationen – oder Teilen davon – entsteht.

Ebenso wenig übernehmen Autor(en, Herausgeber) und Verlag die Gewähr dafür, dass die beschriebenen Verfahren usw. frei von Schutzrechten Dritter sind. Die Wiedergabe von Gebrauchsnamen, Handelsnamen, Warenbezeichnungen usw. in diesem Werk berechtigt auch ohne besondere Kennzeichnung nicht zu der Annahme, dass solche Namen im Sinne der Warenzeichen- und Markenschutz-Gesetzgebung als frei zu betrachten wären und daher von jedermann benutzt werden dürften.

Bibliografische Information der Deutschen Nationalbibliothek:

Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über <http://dnb.d-nb.de> abrufbar.

Dieses Werk ist urheberrechtlich geschützt.

Alle Rechte, auch die der Übersetzung, des Nachdruckes und der Vervielfältigung des Buches, oder Teilen daraus, sind vorbehalten. Kein Teil des Werkes darf ohne schriftliche Genehmigung des Verlages in irgendeiner Form (Fotokopie, Mikrofilm oder ein anderes Verfahren) – auch nicht für Zwecke der Unterrichtsgestaltung – reproduziert oder unter Verwendung elektronischer Systeme verarbeitet, vervielfältigt oder verbreitet werden.

© 2022 Carl Hanser Verlag München

Internet: www.hanser-fachbuch.de

Lektorat: Frank Katzenmayer

Herstellung: Frauke Schafft

Covergestaltung: Max Kostopoulos

Coverkonzept: Marc Müller-Bremer, www.rebranding.de, München

Titelbild: © shutterstock.com/Chaikom, Andrei_Diachenko und Microgen

Satz: Eberl & Koesel Studio, Altusried-Krugzell

Druck und Bindung: CPI books GmbH, Leck

Printed in Germany

Print-ISBN 978-3-446-47025-5

E-Book-ISBN 978-3-446-47221-1

Inhaltsverzeichnis

Vorwort	XI
TEIL I Grundlagen	1
1 Funktion der Medientechnik	3
2 Medientechnische Begriffe	7
3 Signale und Pegel	13
3.1 Signalbeschreibung im Zeitbereich	13
3.2 Signalbeschreibung im Frequenzbereich	18
3.3 Die Fouriertransformation und ihre Anwendungen	20
3.4 Pegel und ihre Anwendungen	24
4 Referenzmodell für offene Kommunikationssysteme	33
4.1 Anforderungen	33
4.2 Schichten und Protokolle	34
4.3 Verbindungsstrukturen	39
5 Prinzip der Signalübertragung	41
5.1 Grundlagen	41
5.2 Übertragungskanal und Störabstand	43
5.3 Tore und ihre Parameter	47

6	Speicherung von Signalen	53
6.1	Einführung	53
6.2	Magnetische Signalspeicherung	55
6.3	Optische Signalspeicherung	57
6.4	Elektrische Signalspeicherung	63
7	Qualitätsparameter der Signalübertragung	67
7.1	Amplitudengang	67
7.2	Verzerrungen	69
7.3	Störabstand	72
7.4	Abtastung	78
7.5	Anpassung	83
8	Merkmale der Signalübertragung	87
8.1	Übertragungswege	87
8.1.1	Einführung	87
8.1.2	Leitungsgebundene Übertragung mit elektrischen Leitungen	88
8.1.3	Leitungsgebundene Übertragung mit optischen Leitungen	93
8.1.4	Funkübertragung	99
8.1.5	Portable Signalspeicher	104
8.2	Betriebsarten	105
8.3	Nutzungsverfahren	107
9	Funktionseinheiten in Übertragungssystemen	111
9.1	Einführung	111
9.2	Verstärker	112
9.3	Sender	113
9.4	Empfänger	114
9.5	Filter und Weichen	114
9.6	Umsetzer	116
9.6.1	Einführung	116
9.6.2	Analog-Digital-Umsetzer	117
9.6.3	Digital-Analog-Umsetzer	119

9.6.4	Elektro-optische und opto-elektrische Umsetzer	119
9.6.5	Sonstige Umsetzer	121
9.7	Netzwerkkomponenten	122
10	Schnittstellen und Protokolle	127
10.1	Grundlagen	127
10.2	Hardware-Schnittstellen	130
10.3	Software-Schnittstellen	134
10.4	Protokolle	135
11	Standardisierung	139
11.1	Standards und ihre Aspekte	139
11.2	Varianten der Standards	140
12	Netze	143
12.1	Einführung	143
12.2	Begriffe	145
12.3	Betriebsvarianten	147
12.4	Kriterien bei Netzen	148
12.5	Strukturen von Leitungsnetzen	149
12.6	Hybride Leitungsnetze	152
12.7	Passive optische Netze (PON)	154
12.8	Struktur von Funknetzen	156
13	Verfahren der Medientechnik	159
13.1	Übertragung	159
13.2	Codierung/Decodierung	160
13.2.1	Grundlagen	160
13.2.2	Leitungscodierung	161
13.2.3	Quellencodierung	164
13.2.4	Kanalcodierung	174
13.3	Modulation	179
13.3.1	Grundlagen	179
13.3.2	Analoges Modulationssignal/sinusförmiges Trägersignal	181

13.3.3	Analoges Modulationssignal/pulsförmiges Trägersignal	189
13.3.4	Digitale Modulation im Basisband	191
13.3.5	Digitales Modulationssignal/sinusförmiges Trägersignal	195
13.4	Multiplexierung/Demultiplexierung	218
13.5	Einzelzugriff/Vielfachzugriff	225
13.6	Mehr-Antennen-Systeme	229
13.7	Zugangsberechtigung	232
14	Audiovision in der Medientechnik	239
15	Daten in der Medientechnik	243
TEIL II	Anwendungen	247
16	Hörfunk (Radio)	249
16.1	Einführung	249
16.2	Analoger terrestrischer Hörfunk UKW	250
16.3	Digitaler terrestrischer Hörfunk DAB	258
16.4	Hörfunk im Kabel	267
16.5	Hörfunk über Satellit	269
16.6	Internetradio	270
16.7	Podcast	271
16.8	Audiotheken	272
17	Fernsehen (TV)	275
17.1	Grundlagen digitaler Fernsehsysteme	275
17.2	DVB-Übertragungsstandard für Satellit, Kabel und Terrestrik	292
17.3	IPTV	305
17.4	Ultra-HDTV (UHD)	308
17.5	HbbTV [hybrid broadcast broadband television]	312
17.6	DVB-I (Digital Video Broadcasting-Internet)	316
18	Mobilfunk	319
19	Internet	331

20	Lokale Datenkommunikation	345
20.1	Leitungsgebundene Netze	345
20.2	Funkgestützte Netze	351
21	Triple Play	359
21.1	Triple Play über das Breitbandkabelnetz	359
21.2	Triple Play über das Telefonnetz	361
21.3	Triple Play über Satellit	365
21.4	Auswahlkriterien	367
21.5	Quadruple Play	367
22	Telefonie	369
22.1	Festnetz-Telefonie	369
22.2	Mobilfunk-Telefonie	373
22.3	Kabel-Telefonie	374
22.4	Satelliten-Telefonie	374
23	Smart Home	377
23.1	Aufgabenstellung von Smart Home	377
23.2	Infrastruktur der Heimnetze	379
23.3	Leistungsmerkmale von Heimnetzen	381
23.4	Realisierung von Smart Home	383
24	Elektronische Dienste	385
24.1	Einführung	385
24.2	Elektronischer Geldverkehr	385
24.3	Elektronische Verwaltung	389
24.4	Elektronisches Gesundheitswesen	391
25	Perspektiven	395
	Literatur	397
	Index	399

Vorwort

Medien dienen in vielfältiger Weise der elektronischen Kommunikation. Dabei kann es sich um optische Informationen (Bilder, Grafiken, Texte), akustische Informationen (Sprache, Musik, Geräusche) oder Daten handeln. Die Medientechnik ermöglicht die Realisierung dieser Kommunikation und umfasst die Übertragung, Speicherung und gegebenenfalls Verarbeitung digitaler oder analoger Signale. Es handelt sich dabei entweder um den Empfang oder Austausch von Informationen oder um Unterhaltung.

In diesem Buch werden Kenntnisse über die unterschiedlichen Aspekte der Medientechnik anschaulich vermittelt. Am Anfang stehen die informationstechnischen Grundlagen und die für das Verständnis der Medientechnik relevanten Begriffe. Danach erfolgt die Darstellung der Konzepte für die Übertragung und Speicherung von Signalen und die spezifische Beschreibung der damit verbundenen Leistungsmerkmale. Es werden dann die für eine Umsetzung der Konzepte erforderlichen schaltungstechnischen Funktionseinheiten behandelt.

Die nächsten Schwerpunkte des Buches bilden die für jede Übertragung erforderlichen Netze, die große Zahl der verschiedenen Verfahren für die hinsichtlich Frequenzökonomie, Störbeeinflussung und technischem Aufwand angestrebte effiziente Übertragung von Signalen sowie die in der Praxis wichtigsten Anwendungen. Dazu gehören unter anderem Radio, Fernsehen, Mobilfunk, Internet, lokale Datenkommunikation und Telefonie. Bei jeder dieser Varianten ist die Orientierung an den Nutzer der jeweiligen Kommunikation gegeben.

Neben den vorstehend aufgezeigten Komplexen werden auch die Themen Schnittstellen, Protokolle, Standardisierung, Triple Play und Smart Home in vergleichbarer Weise behandelt, was ein abgerundetes Bild des Themenbereichs bewirkt.

Das Buch umfasst den derzeitigen Stand der Medientechnik. Der Leser kann deshalb die Funktion aller relevanten Anwendungen der Medientechnik mit ihren Problemstellungen sowie den Vor- und Nachteilen verstehen und fachlich qualifiziert beurteilen. Das Werk ist deshalb zum Lesen, Lernen und Nachschlagen bestens geeignet.

April 2022

Ulrich Freyer und Michael Silverberg

TEIL I

Grundlagen

1

Funktion der Medientechnik

Bei der Medientechnik handelt es sich um die Nutzung elektrischer, optischer oder magnetischer Größen für die Kommunikation von Informationen. Diese beschreiben einerseits den Inhalt der damit verbundenen Nachrichten, während sie andererseits durch physikalische Größen als Signale repräsentiert werden, die somit das Transportmittel für die Informationen darstellen (Bild 1.1). Als Beispiel sei eine gesprochene Information betrachtet. Bei ihr liegt eine Nachricht vor, die durch ein Schalldrucksignal repräsentiert wird.

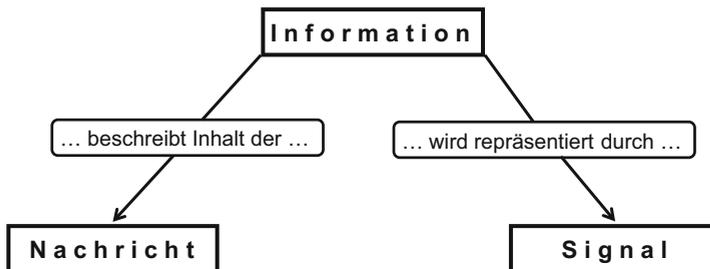


Bild 1.1
Grundbegriffe der Medientechnik



Informationen beschreiben den Inhalt von Nachrichten und werden durch physikalische Größen als Signale repräsentiert. Bei diesen kann Zeitabhängigkeit oder Frequenzabhängigkeit gegeben sein.

Der Austausch von Informationen zwischen zwei oder mehr Stellen wird als Kommunikation bezeichnet. Dabei muss für jedes Signal der Informationsgehalt bekannt sein, um die Eindeutigkeit der Kommunikation zu gewährleisten. Bei einer gesprochenen Information ist es deshalb beispielsweise erforderlich, dass die zuhörende Person die verwendete Sprache beherrscht.



Kommunikation ist der Austausch von Informationen mithilfe von Signalen.

In den meisten Fällen sollen Informationen als Nachrichten über größere bis sehr große Entfernungen übertragen werden. Daraus erklärt sich die Bezeichnung Telekommunikation, in Kurzform TK oder auch Tk. Die Vorsilbe „tele“ stammt aus der griechischen Sprache und steht für das Wort „fern“.



Telekommunikation = Kommunikation über beliebige Entfernungen.

Bei den Informationen sind bezogen auf die Wahrnehmbarkeit Audio, Video und Daten zu unterscheiden (Bild 1.2):

- **Audio** [audio], auch als Ton [sound] bezeichnet, umfasst alle mit dem menschlichen Gehör wahrnehmbaren Informationen, also akustische Signale. Dazu gehören Sprache, Musik, Geräusche und alle sonstigen akustischen Eindrücke.
- **Video** [video], auch als Bild [vision] bezeichnet, umfasst alle mit dem menschlichen Auge wahrnehmbaren Informationen, also optische Signale. Dazu gehören Bilder, Grafiken, Texte und alle sonstigen optischen Eindrücke. Die Bilder können feststehend oder bewegt sein, wobei schwarzweiße oder farbige Darstellung möglich ist.
- **Daten** [data] umfasst alle Informationen, die weder mit dem menschlichen Gehör, noch mit dem menschlichen Auge unmittelbar wahrnehmbar sind.

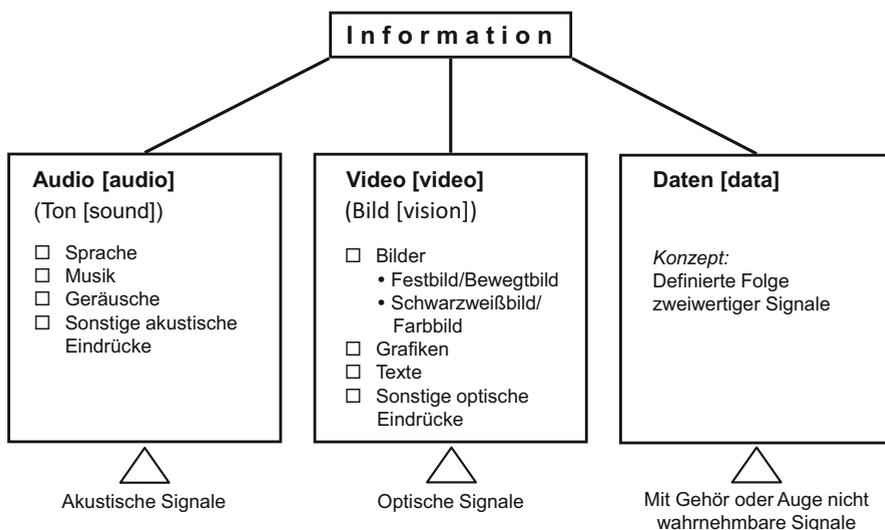


Bild 1.2 Arten der Information

Bei jeder medientechnischen Kommunikation sind Menschen und/oder technische Einrichtungen beteiligt. Letztere werden üblicherweise als Maschinen bezeichnet, wobei es sich sowohl um einzelne Geräte als auch um komplexe Systeme handeln kann. Es lassen sich deshalb folgende Konstellationen unterscheiden:

- **Mensch-Mensch-Kommunikation**

Informationsübertragung von Mensch zu Mensch mithilfe einer technischen Einrichtung.

Beispiel: Telefon

- **Mensch-Maschine-Kommunikation**

Eingabe von Informationen durch einen Menschen in eine technische Einrichtung und Ausgabe der Informationen durch eine technische Einrichtung.

Beispiel: Recherche im Internet

- **Maschine-Mensch-Kommunikation**

Eingabe von Informationen durch eine technische Einrichtung und Ausgabe der Informationen an einen Menschen durch eine technische Einrichtung.

Beispiel: elektronischer Programmführer

- **Maschine-Maschine-Kommunikation**

Informationsübertragung zwischen technischen Einrichtungen ohne Beteiligung von Menschen.

Beispiel: Computernetze

Die vorstehend aufgezeigte Kommunikation erfolgt entweder **unidirektional** (also von einer Stelle zu einer oder mehreren anderen Stellen) oder **bidirektional** (also gleichzeitig oder wechselweise in beiden Richtungen zwischen zwei Stellen).

Medientechnik bedeutet in der Praxis die Übertragung, Speicherung und gegebenenfalls Verarbeitung von Signalen. Dabei spielten bisher **elektrische Signale** die wichtigste Rolle, inzwischen hat allerdings die Bedeutung **optischer Signale** signifikant zugenommen.

2

Medientechnische Begriffe

In diesem Kapitel werden grundlegende Begriffe der Medientechnik behandelt.

Übertragung [transmission] bedeutet einen Transportvorgang für Signale von einer Stelle a zu einer Stelle b, was als Punkt-zu-Punkt-Verbindung [point to point connection] bezeichnet wird. Dabei spielt die Entfernung zwischen den betroffenen Stellen, also die Länge des Übertragungsweges, keine Rolle.



Signalübertragung = Transport von Signalen zwischen beliebig voneinander entfernten Stellen

Der Anfang jeder Übertragung ist durch eine Quelle [source] gekennzeichnet, die das zu übertragende Signal bereitstellt. Nach der Übertragung erfolgt der Abschluss durch eine Senke [sink], die das übertragene Signal für weitere Maßnahmen bereitstellt.



Die Übertragung von Signalen erfolgt stets von einer Quelle zu einer Senke.

Für die Übertragung von Signalen bedarf es stets einer technischen Einrichtung mit je einem Eingang und Ausgang für das Signal und definierten Leistungsmerkmalen. Sie wird als Übertragungssystem bezeichnet und kann beliebige Komplexität aufweisen.



Übertragungssysteme realisieren den Transport von Signalen.

Die **Speicherung** [storage] von Signalen bedeutet deren Zwischenlagerung mit dem Ziel einer späteren Übertragung oder Verarbeitung. Für die Realisierung dieser zeitversetzten Nutzung werden als Speicher bezeichnete technische Funktionseinheiten benötigt, die mit unterschiedlichen Technologien realisierbar sind. Die bei Signalübertragung gegebene unmittelbare Verkopplung der beiden Stellen

a und b besteht bei Speicherung nicht mehr. Diese zeitliche Entkopplung kennzeichnet den Unterschied zwischen Online-Betrieb und Offline-Betrieb.

Das Konzept jeder Signalspeicherung besteht darin, Signale so auf ein geeignetes Speichermedium zu bringen, dass sie jederzeit verfügbar sind. Bei der Speicherung sind zwei Schritte zu unterscheiden:

- Signaleingabe (auch als Einlesen bezeichnet),
- Signalausgabe (auch als Auslesen bezeichnet).

Unabhängig von der verwendeten Technologie gilt bei jeder Speicherung, dass dadurch keine Veränderung der gespeicherten Signale erfolgt.



Signalspeicherung = Zwischenlagerung von Signalen und ermöglicht deren zeitversetzte Übertragung und Verarbeitung.



Signalspeicherung ermöglicht den Übergang von online zu offline.

Bekanntlich repräsentieren Signale die gewünschten Informationen, was zu der Bezeichnung Nutzsingale führt. In der Praxis gibt es diesen Idealzustand allerdings nicht. Es treten nämlich zusätzlich stets auch Signale auf, die das Nutzsingale beeinflussen und deshalb als Störsingale bezeichnet werden (Bild 2.1). Sie dürfen allerdings bestimmte Größenordnungen nicht überschreiten, damit die vorgesehene Übertragung, Speicherung oder Verarbeitung bestimmungsgemäß funktioniert.

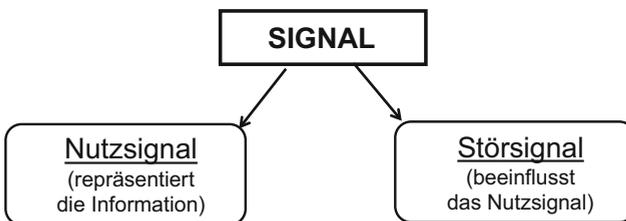


Bild 2.1
Signale



Das Verhältnis zwischen Nutzsingale und Störsingale darf vorgegebene Werte nicht überschreiten.

Einen wichtigen Teil stellt in der Medientechnik die durch Signalübertragung bewirkte Kommunikation dar. Die daran beteiligten Personen werden üblicherweise als **Nutzer** [user] oder Teilnehmer [Tln] bezeichnet, während für die zur Durchführung der Kommunikation erforderlichen technischen Einrichtungen der Begriff **Endgeräte** [terminal] gilt.



Endgeräte ermöglichen die Durchführung der Kommunikation.

Bei der Übertragung von Signalen ist eine Bewertung der Qualität nur dann möglich, wenn die gesamte Übertragungskette von der Einspeisung des Signals bis zu deren Wiedergabe im verwendeten Endgerät berücksichtigt wird. Es gilt dafür die Bezeichnung Ende-zu-Ende-Betrachtung.



Für die Bewertung der Übertragungsqualität ist stets eine Ende-zu-Ende-Betrachtung erforderlich.

Die meisten Kommunikationssysteme sind für mehrere Nutzer bzw. Maschinen ausgelegt. Damit ein Kommunikationssystem diesen gleichzeitig zur Verfügung stehen kann, bedarf es entsprechender technischer Einrichtungen, um die gewünschte Kommunikation zu ermöglichen. Dafür gilt die Bezeichnung Netz [network].



Netz [network] = Gesamtheit aller technischen Ressourcen, welche die Kommunikation zwischen Nutzern (Teilnehmern) und/oder Maschinen ermöglicht.

In Netzen sind folgende Funktionsgruppen unterscheidbar:

- Übertragungswege,
- Übertragungseinrichtungen,
- Verteileinrichtungen/Vermittlungsstellen,
- Endgeräte.

Bei den **Übertragungswegen** handelt es sich entweder um Leitungen oder Funkverbindungen. Für Leitungsnetze kommen elektrische Leitungen (z.B. Koaxialkabel) und/oder optische Leitungen (z.B. Glasfasern) zum Einsatz, während bei Funknetzen die Verbindungen drahtlos [wireless] mithilfe elektromagnetischer Wellen erfolgt.



Leitungsnetz = elektrische und/oder optische Leitungen als Übertragungswege
Funknetz = Funkverbindungen als Übertragungswege

Werden bei einem Kommunikationssystem unterschiedliche Übertragungswege verwendet, dann gilt für diese Mischform auch die Bezeichnung **Hybridnetz**.

Die **Übertragungseinrichtungen** haben die Aufgabe, die bestimmungsgemäße Funktion einer Übertragung sicherzustellen. Dazu zählen hauptsächlich alle Maßnahmen, um störende Beeinflussungen des Nutzsignals bei der Übertragung zu

kompensieren. Typische Effekte sind dabei die Dämpfung des Signals und das Auftreten von Verzerrungen.

Verteileinrichtungen und Vermittlungsstellen sind zur Steuerung der Verbindung zwischen den Endgeräten erforderlich. **Verteileinrichtungen** sorgen dafür, dass ein Eingangssignal gleichzeitig alle angeschlossenen Endgeräte erreicht. Die Stelle für die Einspeisung dieses Signals wird üblicherweise als Kopfstelle [headend] oder Sender bezeichnet. Verteileinrichtungen sind typisch für Massenkommunikation.



Verteileinrichtungen ermöglichen die gleichzeitige Verbindung zu mehreren Endgeräten im Rahmen der Massenkommunikation.

Das Gegenstück zur Massenkommunikation stellt die Individualkommunikation dar. Bei dieser ist die gezielte Verbindung zwischen zwei Endgeräten von Nutzern vorgesehen. Dafür werden im Netz **Vermittlungsstellen** benötigt, die als Netzknoten [network nod] den gezielten Aufbau der gewünschten Verbindung sicherstellen (Bild 2.2).

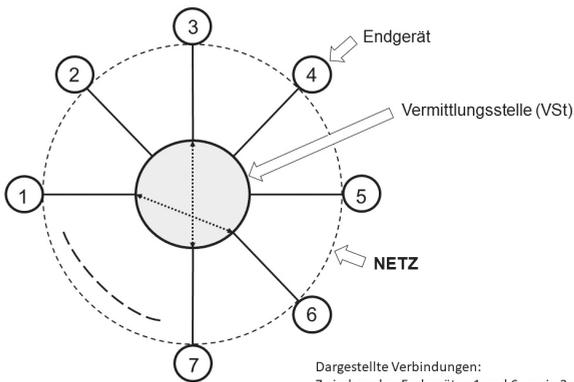


Bild 2.2
Vermittlung



Vermittlungsstellen ermöglichen die gezielte Verbindung zwischen zwei Endgeräten im Rahmen der Individualkommunikation.

Der Sinn und Zweck von Netzen ist deren Nutzung für die Kommunikation, also dem Austausch von Informationen. Dafür gibt es vielfältige Arten, jeweils gekennzeichnet durch bestimmte Eigenschaften. Es gilt als Oberbegriff die Bezeichnung **Dienste** [service] mit folgender Definition:



Ein Dienst [service] ist die Fähigkeit eines Netzes, Informationen einer bestimmten Art mit spezifischen Vorgaben (wie zeitliche Aspekte, Qualitätsindikatoren ...) möglichst störungsfrei zwischen den beteiligten Endgeräten zu übertragen.

Typische Beispiele für Dienste sind Telefonie, Mobilfunk, Satellitenfunk, aber auch Radio und Fernsehen.

Bei Diensten sind die Erbringer von Diensten als Diensteanbieter [service provider] und die Nutzer [user] als Anwender von Diensten zu unterscheiden (Bild 2.3).

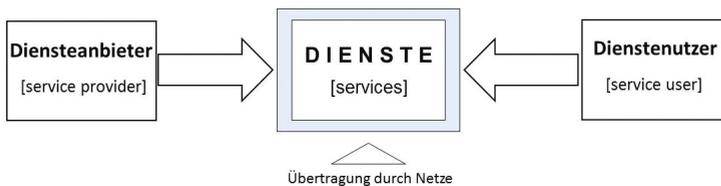


Bild 2.3 Dienste

Eine für den Nutzer wichtige Eigenschaft von Diensten stellt die Zugriffsmöglichkeit dar. Der Zugang zu Diensten kann kostenlos oder entgeltpflichtig, also kostenrelevant, sein. Im ersten Fall handelt es sich um freie Dienste [free services]. Werden dagegen Entgelte gefordert, dann sind es Bezahltdienste [pay services]. Für diese bedarf es stets vertraglicher Regelungen zwischen Diensteanbieter und Nutzer.



Freie Dienste [free services] → entgeltfrei
Bezahltdienste [pay services] → entgeltpflichtig

Wird ein Dienst den Endgeräten der Nutzer automatisch zur Verfügung gestellt, dann handelt es sich um einen Verteildienst [push service], der auch als „Bring-Dienst“ bezeichnet werden kann. Muss dagegen der Nutzer einen Dienst vom Netz durch festgelegte Prozeduren anfordern, dann liegt ein Abrufdienst [pull service] vor, für den auch die Bezeichnung „Hol-Dienst“ gilt. Es ist ebenso der Begriff „on demand service“ üblich.



Verteildienst („Bring-Dienst“) [push service] = Dienst wird dem Endgerät ohne Anforderung des Nutzers zur Verfügung gestellt.

Abrufdienst („Hol-Dienst“) [pull service] = Dienst wird dem Endgerät nur nach Anforderung [on demand] durch den Nutzer zur Verfügung gestellt.

Für den Ablauf von Kommunikationsvorgängen sind immer Festlegungen erforderlich, um einen geordneten und effizienten Betrieb zu ermöglichen. Es gibt deshalb stets einen Satz von Regeln über die Abwicklung der einzelnen Schritte eines Kommunikationsvorgangs. Solche Regelwerke werden als Protokoll [protocol] bezeichnet. Sie sind meist in Standards festgelegt und können dienstespezifische Anforderungen enthalten, aber auch unabhängig von einzelnen Diensten sein.



Protokoll [protocol] = verbindliche Festlegungen über die Abwicklung der einzelnen Schritte von Kommunikationsvorgängen

Wird eine Anwendung der Medientechnik über ein Netz oder sonstige technische Funktionseinheit bewirkt, dann gilt die Bezeichnung Online(-Betrieb). Erfolgt dagegen deren Nutzung mithilfe einer autarken technischen Einrichtung, dann liegt Offline(-Betrieb) vor.



Online-Anwendungen erfordern stets externe Einrichtungen, während Offline-Anwendungen autark arbeiten.

Für die Abwicklung eines Protokolls gilt die Bezeichnung Prozedur. Sie stellt also die Realisierung des Protokolls dar.

Jedes Kommunikationssystem besteht immer aus verschiedenen Komponenten. Für die bestimmungsgemäße Funktion des gesamten Systems müssen für deren Zusammenwirken spezifische Bedingungen erfüllt sein. Dabei kann es sich um mechanische und/oder elektrische Werte handeln, aber auch um Vorgaben bezüglich der Software. Für solche Übergänge gilt die Bezeichnung Schnittstelle [interface].



Schnittstelle [interface] = beschreibt den definierten Übergang bezüglich Hardware und/oder Software zwischen Komponenten eines Kommunikationssystems.

Die an Schnittstellen einzuhaltenden technischen Vorgaben werden auch als Schnittstellendefinition bezeichnet.

3

Signale und Pegel

Signale sind Verläufe physikalischer Größen. Bei leitungsgebundenen und funkgestützten Systemen ist dabei die Spannung U von besonderem Interesse, weil diese relativ einfach gemessen werden kann. Deshalb beziehen sich die Ausführungen im Buch in der Regel auf die Spannung. Im Falle optischer Leitungen und Komponenten erfolgt allerdings der Übergang auf die optische Leistung P_{opt} , weil es keine optische Spannung gibt.

■ 3.1 Signalbeschreibung im Zeitbereich

Signalverläufe sind mathematisch betrachtet Funktionen zwischen unabhängigen und abhängigen Variablen. Dabei stellt der Signalwert stets die abhängige Variable dar. Erfolgt ein Bezug auf die Zeit t als unabhängige Variable, dann handelt es sich um eine Zeitfunktion $f(t)$.

Bei einer Zeitfunktion gilt stets folgende Form der Darstellung:

- x -Achse (Abszisse): Zeit t
- y -Achse (Ordinate): Signalwert

In der Signaltheorie wird mit der Darstellung $s(t)$ gearbeitet. Soll explizit ausgedrückt werden, dass es sich um die Darstellung eine Spannung handelt, verwendet man $u(t)$. Bei jeder **Zeitfunktion** ist stets ein bestimmter Wertebereich vorgegeben, es gibt deshalb immer einen größten (maximalen) und einen kleinsten (minimalen) Signalwert. Innerhalb dieser Grenzen kann jeder beliebige Signalwert (reelle Zahl) auftreten.

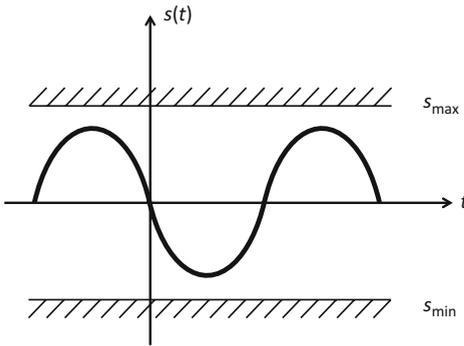


Bild 3.1
Zeitfunktion mit Wertebereich

Bild 3.1 zeigt eine Zeitfunktion, bei der für jede Zeit t ein Signalwert existiert. Eine solche Funktion wird als zeitkontinuierlich und wertekontinuierlich bezeichnet. Im Folgenden sollen weitere wichtige Signale dieser Klasse (zeitkontinuierlich und wertekontinuierlich) dargestellt werden. Diese Signale stellen wichtige Kurvenverläufe zur Beschreibung von analoger und digitaler Signalverarbeitung dar. Bezüglich ihrer Charakteristik in zeitlicher Richtung können sie in die folgenden Klassen unterteilt werden:

- zeitlich begrenzt,
- zeitlich unbegrenzt und aperiodisch,
- zeitlich unbegrenzt und periodisch.

Der **Gauß-Impuls** stellt ein zeitkontinuierliches und wertekontinuierliches Signal dar. Der Verlauf ist in zeitlicher Richtung unbegrenzt und aperiodisch (Bild 3.2). Der Gauß-Impuls wird u. a. zur mathematischen Beschreibung der Intensitätsverteilungen in der Optik verwendet. Die mathematische Darstellung des Zeitsignals lautet:

$$s(t) = A \cdot e^{-\alpha \cdot t^2} \quad (3.1)$$

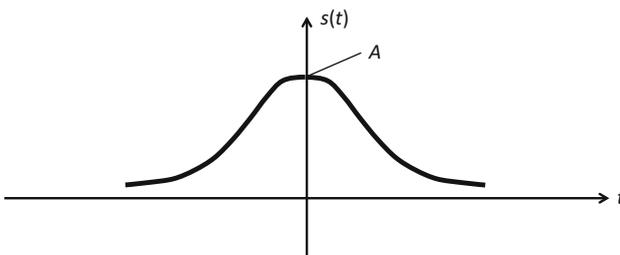


Bild 3.2
Gauß-Impuls

Sinus- und cosinusförmige Schwingungen stellen zeitkontinuierliche und wertekontinuierliche Signalverläufe dar. Die Verläufe sind in zeitlicher Richtung unbegrenzt und periodisch (Bild 3.3). Ihre Kurvenformen sind gleich, jedoch liegt eine Phasenverschiebung von 90 Grad vor. Diese Signalformen werden zur mathematischen Beschreibung von Modulation und Demodulation verwendet. Die mathematische Darstellung des Zeitsignals lautet für das **Sinus-Signal**:

$$s(t) = A \cdot \sin(2\pi \cdot f_0 \cdot t - \varphi) \quad (3.2)$$

Mit der Euler-Relation:

$$e^{jx} = \cos(x) + j \cdot \sin(x) \quad (3.3)$$

kann das Sinus-Signal wie folgt dargestellt werden:

$$s(t) = -\frac{j}{2} \cdot A \cdot e^{j2\pi \cdot f_0 \cdot t - \varphi} + \frac{j}{2} \cdot A \cdot e^{-j2\pi \cdot f_0 \cdot t + \varphi} \quad (3.4)$$

Diese Darstellung hat den Vorteil, dass im Zusammenhang mit der Fouriertransformation das Spektrum relativ einfach berechnet werden kann.

Für das **Cosinus-Signal** lautet die Darstellung im Zeitbereich:

$$s(t) = A \cdot \cos(2\pi \cdot f_0 \cdot t - \varphi) \quad (3.5)$$

Mit Euler folgt:

$$s(t) = \frac{1}{2} \cdot A \cdot e^{j2\pi \cdot f_0 \cdot t - \varphi} + \frac{1}{2} \cdot A \cdot e^{-j2\pi \cdot f_0 \cdot t + \varphi} \quad (3.6)$$

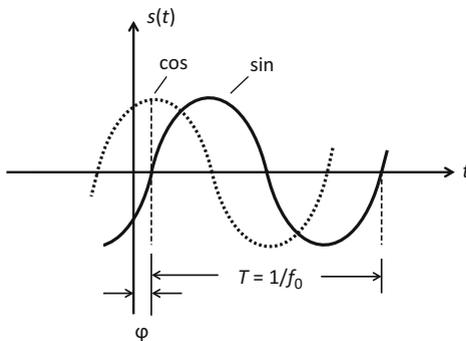


Bild 3.3

Sinus- und cosinusförmige Signalverläufe

Der Rechteck-Impuls ist ebenfalls zeitkontinuierlich und wertekontinuierlich. Der Verlauf ist in zeitlicher Richtung begrenzt (Bild 3.4). Der Rechteck-Impuls stellt eine wichtige Signalform zur Beschreibung von Sample & Hold-Vorgängen (z.B. beim D/A-Wandler) dar. Die mathematische Definition des Rechteck-Impulses ist entlang der Zeitachse abschnittsweise definiert:

$$\square_T(t) = \begin{cases} \frac{1}{T}; & -\frac{1}{2T} < t < \frac{1}{2T} \\ 0; & |t| > \frac{1}{2T} \\ \frac{1}{2T}; & t = \pm \frac{1}{2T} \end{cases} \quad (3.7)$$

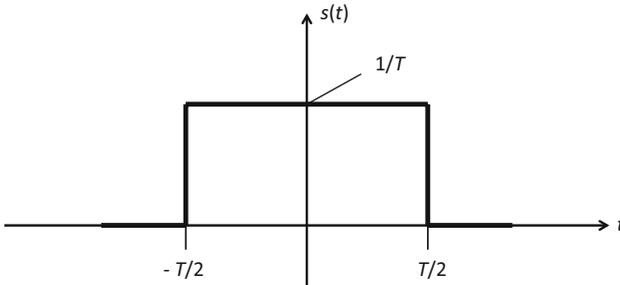


Bild 3.4
Rechteckimpuls

Der **Dirac-Impuls** ist keine Funktion im eigentlichen Sinne, sondern eine Singularität bzw. Distribution. Die mathematische Definition der Amplitude erfolgt über einen Grenzwertübergang. Dazu kann zum Beispiel der Rechteck-Impuls herangezogen werden:

$$\delta(t) = \lim_{T \rightarrow 0} \square_T(t) \quad (3.8)$$

Der Dirac-Impuls gehört zur Klasse der zeitdiskreten Signale. Wegen der unendlich hohen Amplitude kann ein Dirac-Impuls in technischen Systemen nicht realisiert werden. Er eignet sich aber gut zur systemtheoretischen Beschreibung der idealen Abtastung, da mit ihm ein singulärer Amplitudenwert herausgefiltert werden kann (Siebeigenschaft). Der Pfeil in Bild 3.5 soll andeuten, dass die Amplitude unendlich ist. Die 1 auf der y -Achse stellt den Gewichtungsfaktor dar, in diesem Fall mit einer 1.

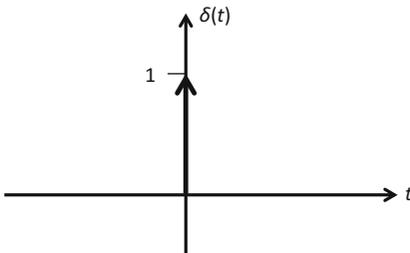


Bild 3.5
Dirac-Impuls