

Ulrich Freyer

Medientechnik

Basiswissen Nachrichtentechnik,
Begriffe, Funktionen, Anwendungen



HANSER



Bleiben 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

Medientechnik

Basiswissen Nachrichtentechnik, Begriffe,
Funktionen, Anwendungen

Mit 375 Bildern und 16 Tabellen



Fachbuchverlag Leipzig
im Carl Hanser Verlag

Dipl.-Ing. Ulrich Freyer
Analyst für Medientechnik



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.

ISBN: 978-3-446-42915-4
E-Book-ISBN: 978-3-446-43613-8

Dieses Werk ist urheberrechtlich geschützt.

Alle Rechte, auch die der Übersetzung, des Nachdruckes und der Vervielfältigung des Buches, oder Teilen daraus, 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 – mit Ausnahme der in den §§ 53, 54 URG genannten Sonderfälle –, reproduziert oder unter Verwendung elektronischer Systeme verarbeitet, vervielfältigt oder verbreitet werden.

© 2013 Carl Hanser Verlag München
Internet: <http://www.hanser-fachbuch.de>

Herstellung: Dipl.-Ing. Franziska Kaufmann
Satz: Kösel, Krugzell
Coverconcept: Marc Müller-Bremer, www.rebranding.de, München
Coverrealisierung: Stephan Rönigk
Druck und Bindung: Friedrich Pustet KG, Regensburg
Printed in Germany

Vorwort

Medien dienen im Alltag 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, also spezifische Anwendungen der Nachrichtentechnik.

In diesem Buch werden Kenntnisse über die unterschiedlichen Aspekte der Medientechnik für typische Nutzungen anschaulich in einer bewährten Struktur vermittelt. Am Anfang stehen die nachrichtentechnischen 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 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. Zu Letzteren gehören unter anderem Radio, Fernsehen, Internet, lokale Datennetze und Telefonie.

Neben den vorstehend aufgezeigten Komplexen werden auch die Themen Schnittstellen Protokolle, Standardisierung, elektromagnetische Verträglichkeit und Messtechnik in vergleichbarer Weise behandelt, sodass ein abgerundetes Bild der Medientechnik entsteht.

Für die Arbeit mit diesem Buch reichen Grundkenntnisse der Physik, Mathematik, Elektrotechnik und Elektronik aus.

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

November 2012

Ulrich Freyer

Inhalt

■	Vorwort	5
1	Zielsetzung	11
2	Begriffe	14
3	Signale und Pegel	20
	3.1 Zeitabhängige Signale	20
	3.2 Frequenzabhängige Signale	26
	3.3 Pegel und ihre Anwendungen	28
4	Referenzmodell für offenes Kommunikationssystem	39
	4.1 Anforderungen	39
	4.2 Schichten und Protokolle	40
	4.3 Verbindungsstrukturen	45
5	Konzept der Übertragung	47
	5.1 Grundlagen	47
	5.2 Übertragungskanal und Störabstand	49
	5.3 Tore und ihre Parameter	53
6	Konzept der Speicherung	57
	6.1 Einführung	57
	6.2 Magnetische Speicherung	59
	6.3 Optische Speicherung	63
	6.4 Elektrische Speicherung	69

7	Qualitätsparameter	72
7.1	Bandbreite und Grenzfrequenz	72
7.2	Verzerrungen	74
7.3	Störabstand	77
7.4	Abtastung	81
7.5	Anpassung	85
8	Übertragungsmerkmale	89
8.1	Übertragungswege	89
8.1.1	Einführung	89
8.1.2	Leitungsgebundene Übertragung mit elektrischen Leitungen	90
8.1.3	Leitungsgebundene Übertragung mit optischen Leitungen	100
8.1.4	Funkübertragung	108
8.1.5	Portable Signalspeicher	146
8.2	Betriebsarten	148
8.3	Nutzungsverfahren	151
9	Schaltungstechnische Funktionseinheiten	153
9.1	Einführung	153
9.2	Verstärker	154
9.3	Sender	155
9.4	Empfänger	155
9.5	Filter und Weichen	156
9.6	Umsetzer	158
9.6.1	Einführung	158
9.6.2	Analog-Digital-Umsetzer	158
9.6.3	Digital-Analog-Umsetzer	162
9.6.4	Elektrooptische und optoelektrische Umsetzer	164
9.7	Netzwerkkomponenten	166
10	Schnittstellen und Protokolle	169
10.1	Grundlagen	169
10.2	Hardwareschnittstellen	171
10.3	Softwareschnittstellen und Protokolle	176
11	Standardisierung	179
11.1	Einführung	179
11.2	Offizielle Standardisierungsgremien	180
11.3	Fachverbände	184
11.4	Einzelfirmen, Konsortien, Foren	184

12	Netze	186
	12.1 Netzarten	186
	12.2 Netzstrukturen	189
	12.3 HFC-Netze	191
	12.4 Passive optische Netze (PON)	193
	12.5 Netzbezeichnungen	195
13	Verfahren	196
	13.1 Übertragung	196
	13.2 Codierung/Decodierung	197
	13.2.1 Grundlagen	197
	13.2.2 Leitungscodierung	201
	13.2.3 Quellencodierung	203
	13.2.4 Kanalcodierung	213
	13.3 Modulation	220
	13.3.1 Grundlagen	220
	13.3.2 Analoges Modulationssignal/Sinusförmiges Trägersignal	222
	13.3.3 Analoges Modulationssignal/Pulsförmiges Trägersignal	240
	13.3.4 Digitales Modulationssignal/Sinusförmiges Trägersignal	244
	13.3.5 Digitale Modulation im Basisband	252
	13.3.6 Mehr-Träger-Verfahren	256
	13.3.7 Mehrfachmodulation	260
	13.4 Multiplexierung/Demultiplexierung	261
	13.5 Vielfachzugriff	269
	13.6 Einzelzugriff	272
	13.7 Mehr-Antennen-Systeme	274
	13.8 Zugangsberechtigung	277
14	Anwendungen	283
	14.1 Hörfunk (Radio)	283
	14.1.1 Einführung	283
	14.1.2 Analoger Hörfunk	284
	14.1.3 Digitaler Hörfunk	300
	14.2 Fernsehen (TV)	309
	14.2.1 Einführung	309
	14.2.2 Analoges Fernsehen	310
	14.2.3 Digitales Fernsehen	328
	14.2.4 Hybrides Fernsehen	345
	14.2.5 Dreidimensionales Fernsehen	351
	14.3 Lokale Datennetze	355
	14.4 Internet und Intranet	362
	14.5 Telefonie	372
	14.5.1 Festnetz-Telefonie	372
	14.5.2 DSL	379

14.5.3	Schnurloses Telefon	381
14.5.4	Telefax	382
14.5.5	Mobilfunk	383
14.6	Triple Play	391
14.6.1	Einführung	391
14.6.2	Triple Play über das Breitbandkabelnetz	391
14.6.3	Triple Play über das Telefon-Festnetz	393
14.6.4	Triple Play über Satellit	396
14.6.5	Auswahlkriterien	398
14.7	Perspektiven	399
15	Elektromagnetische Verträglichkeit	402
15.1	Grundlagen	402
15.2	Elektromagnetische Aussendungen (EMA)	404
15.3	Elektromagnetische Beeinflussbarkeit (EMB)	405
16	Messtechnik	408
16.1	Einführung	408
16.2	Elektrische Messtechnik	409
16.3	Optische Messtechnik	414
16.4	Perspektive	415
	Literatur	416
	Index	418

1

Zielsetzung

Bei der Nachrichtentechnik handelt es sich um die Anwendung der Elektrotechnik für Informationszwecke. Das ist der Gegensatz zur Energietechnik, bei der die mit der Elektrotechnik erreichbare Leistung genutzt wird.

Allgemein wird unter einer Nachricht eine beliebige Mitteilung verstanden, die eine oder mehrere Informationen beinhaltet. Die Information beschreibt somit den Inhalt der Nachricht. Sie wird durch physikalische Größen repräsentiert, für deren zeitliche Verläufe die Bezeichnung Signale gilt (**Bild 1.1**). So handelt es sich bei einer gesprochenen Nachricht um das durch die Sprache bewirkte Schalldrucksignal.

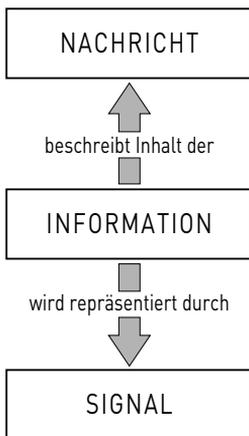


Bild 1.1 Beziehung zwischen Nachricht, Signal und Information



Informationen beschreiben den Inhalt einer Nachricht und werden durch den als Signale bezeichneten zeitlichen Verlauf physikalischer Größen repräsentiert.

Für die Übertragung, Speicherung und Verarbeitung der Nachricht kommen elektrische, magnetische und optische Größen zum Einsatz.

Der Austausch von Informationen zwischen zwei oder mehr Seiten wird als Kommunikation bezeichnet. Dabei muss für jedes Signal der Informationsgehalt bekannt sein, damit die Kommunikation eindeutig ist. Bei einer gesprochenen Nachricht ist es deshalb beispielsweise erforderlich, dass die zuhörende Person die verwendete Sprache beherrscht.



Kommunikation ist der Austausch von Informationen.

In den meisten Fällen sollen Informationen als Nachrichten über größere bis sehr große Entfernungen übertragen werden. Daraus erklärt sich auf der Begriff Telekommunikation mit seiner üblichen Kurzform TK (oder auch Tk). Die Vorsilbe „tele“ stammt aus der griechischen Sprache und steht für das Wort „fern“. Telekommunikation bedeutet deshalb Kommunikation über beliebig große Entfernungen.



Telekommunikation ist die Kommunikation über beliebige Entfernungen.

Bei den Informationen sind verschiedene Formen unterscheidbar. Bezogen auf die Betrachtung der Wahrnehmbarkeit handelt es sich um die Gruppen Audio, Video und Daten.

Die Gruppe Audio [audio], oft auch nur 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.

Die Gruppe Video [video], oft nur als Bild [vision] bezeichnet, umfasst alle mit dem menschlichen Auge wahrnehmbaren Informationen, also optische Signale. Dazu gehören Bilder, Grafiken, Text und alle sonstigen optischen Eindrücke. Die Bilder können feststehend oder bewegt sein, wobei schwarzweiße oder farbige Darstellung möglich ist.

Die Gruppe Daten [data] umfasst alle Informationen, die unmittelbar weder mit dem menschlichen Gehör noch mit dem menschlichen Auge wahrnehmbar sind (**Bild 1.2**).

Bei allen weiteren Betrachtungen ist stets zu beachten, ob es sich um Audiosignale, Videosignale oder Daten(signale) handelt.

Bei jeder nachrichtentechnischen 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 dabei drei Fälle unterscheiden:

- **Mensch–Mensch–Kommunikation**

Informationsübertragung von Mensch zu Mensch mit Hilfe einer technischen Einrichtung.

Beispiel: Telefon

- **Mensch–Maschine–Kommunikation**

Eingabe von Informationen in eine technische Einrichtung durch einen Menschen und/oder Ausgabe von Informationen an einen Menschen durch eine technische Einrichtung.

Beispiel: Recherche im Internet

- **Maschine–Maschine–Kommunikation**

Informationsübertragung zwischen technischen Einrichtungen ohne Beteiligung von Menschen.

Beispiel: Rechenzentrum

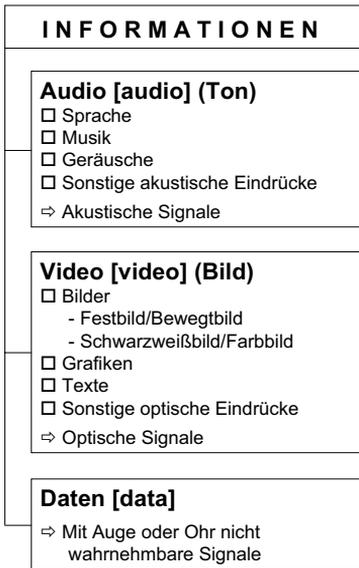


Bild 1.2 Arten der Information

Die vorstehend aufgezeigte Kommunikation erfolgt entweder **unidirektional** (also nur von der einen Stelle zur anderen Stelle) oder **bidirektional** (also in beiden Richtungen zwischen den Stellen).

Nachrichtentechnik bedeutet in der Praxis die Übertragung, Speicherung und Verarbeitung von Signalen. Dabei spielten bisher **elektrische Signale** die wichtigste Rolle. Inzwischen sind aber auch **optische Signale** von großer Bedeutung. Dies gilt besonders bei der Übertragung von Informationen.

Es gibt eine Vielzahl nachrichtentechnischer Anwendungen, also Nutzungen dieser Technik für spezifische Aufgabenstellungen. Da die Vorgaben für die bestimmungsgemäße Funktion einer Anwendung in der Regel unterschiedlich sind und auch die Randbedingungen verschieden sein können, gilt dies vergleichbar auch für die einsetzbaren Verfahren. In den nachfolgenden Kapiteln werden deshalb Kenntnisse über alle relevanten Aspekte der Übertragung, Speicherung und Verarbeitung von Signalen vermittelt. Dabei geht es zuerst um Begriffserklärungen, dann um Verfahren und ihre Funktionsweise und abschließend um reale Anwendungen. Es wird sich dabei herausstellen, dass eigentlich alle Verfahren und Anwendungen stets aus mehreren Basisfunktionen bestehen, also systematisch aus verschiedenen Bausteinen aufgebaut sind. Die Wahl der Struktur des Aufbaus erfolgt so, dass alle gewünschten Leistungsmerkmale mit geringstmöglichem Aufwand optimal erfüllt werden.

2

Begriffe

Es gibt in der Nachrichtentechnik einige grundlegende Begriffe, deren Bedeutung in diesem Kapitel behandelt werden soll. Ausgangspunkt ist die Übertragung, Speicherung und Verarbeitung von Signalen.

Die **Übertragung** [transmission] bedeutet einen Transportvorgang für die Signale von einer beliebigen Stelle a zu einer beliebigen Stelle b, was als Punkt-zu-Punkt-Verbindung [point to point connection] bezeichnet wird. Dieser Vorgang kann gleichzeitig aber auch zu weiteren Stellen erfolgen. Es liegt dann Verteilung [distribution] vor. Für das Konzept der Übertragung spielt die Entfernung zwischen den betroffenen Stellen, also die Länge des Übertragungsweges, keine Rolle.



Signalübertragung bedeutet den Transport von Signalen zwischen beliebig voneinander entfernten Stellen.

Die **Speicherung** [storage] von Signalen bedeutet deren Zwischenlagerung mit dem Ziel einer späteren Übertragung oder Verarbeitung. Es wird deshalb auch von Zwischenspeicherung gesprochen. 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 beider Stellen a und b besteht bei Speicherung nicht mehr. Diese zeitliche Entkopplung kennzeichnet den Übergang vom Online-Betrieb zum 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 stets zwei Schritte zu unterscheiden.

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

Sind bei einer Speichereinheit lange Zeitspannen zwischen der Signaleingabe und Signalausgabe möglich (d.h. Monate oder Jahre), dann gilt die Bezeichnung Langzeitspeicher. Handelt es sich dagegen nur um kurze Zeitspannen (d.h. Minuten, Stunden oder Tage), dann liegt ein Kurzzeitspeicher vor. Unabhängig von der verwendeten Technologie gilt bei jeder Speicherung, dass dadurch keine Veränderung der gespeicherten Signale erfolgt.



Signalspeicherung bedeutet die Zwischenlagerung von Signalen und ermöglicht deren zeitversetzte Übertragung und Verarbeitung.



Speicherung ermöglicht den Übergang von online zu offline.

In vielen Fällen sind vorhandene Signale für die unmittelbare Nutzung und/oder die Übertragung nicht oder nur mit Einschränkungen geeignet. Durch entsprechende **Verarbeitung** [processing] lässt sich dieses Problem lösen. Dabei ist unter diesem Vorgang jede gezielte Beeinflussung vorliegender Signale zu verstehen. Es handelt sich dabei im Prinzip um eine Anpassung an die optimalen Voraussetzungen für weitere Übertragung oder Speicherung.



Durch Signalverarbeitung wird das zugeführte Signal nach definierten Vorgaben verändert.

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

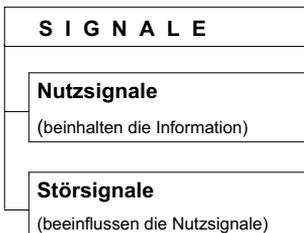


Bild 2.1 Arten der Signale



Das Verhältnis zwischen Nutzsignal und Störsignal darf vorgegebene Werte nicht überschreiten.

Einen wesentlichen Anteil hat in der Nachrichtentechnik die durch Signalübertragung bewirkte Kommunikation. Die dabei beteiligten Personen werden üblicherweise als **Nutzer** [user] oder Teilnehmer [TIn] bezeichnet.

Kommunikation kann bekanntlich zwischen Menschen und/oder Maschinen erfolgen. Die bei Mensch–Mensch–Kommunikation erforderlichen technischen Einrichtungen werden als **Endgeräte** [terminals] bezeichnet, während Maschinen selber die Funktion als Endgeräte wahrnehmen.



Beispiel:

Das Fernsehgerät ist ein Endgerät im Rahmen der Mensch–Maschine–Kommunikation.



Endgeräte ermöglichen die Durchführung der Kommunikation.

Kommunikationssysteme sind fast immer für mehrere Nutzer bzw. Maschinen ausgelegt. Dabei kann es sich auch um sehr große Zahlen handeln. Das weltweite Telefonnetz sei als Beispiel angeführt.

Damit ein Kommunikationssystem mehreren Nutzern bzw. Maschinen gleichzeitig zur Verfügung steht, bedarf es entsprechender technischer Einrichtungen. Dafür gilt die Bezeichnung Netz [network]. Es handelt sich um alle technischen Komponenten, welche die gewünschte Kommunikation zwischen den Nutzern und/oder Maschinen ermöglichen.



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

In den Netzen sind folgende Funktionsgruppen unterscheidbar:

- Übertragungswege
- Übertragungseinrichtungen
- Verteileinrichtungen/Vermittlungseinrichtungen
- 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] mit Hilfe elektromagnetischer Wellen aufgebaut werden.



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.



Beispiel:

Durch Verstärker kann die Dämpfung eines Nutzsignals wieder aufgehoben werden.

Verteil- und Vermittlungseinrichtungen 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.



Beispiel:

Radio und Fernsehen arbeiten mit Verteileinrichtungen, um gleichzeitig viele Zuhörer bzw. Zuschauer erreichen zu können.



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 angeschlossenen Endgeräten vorgesehen. Dafür werden im Netz **Vermittlungseinrichtungen** benötigt, die als Netzknoten [network nod] den gezielten Aufbau der gewünschten Verbindung sicherstellen (**Bild 2.2**). Bei großen Netzen sind in der Regel mehrere Netzknoten vorhanden, so dass eine Verbindung ggf. über mehrere dieser Vermittlungseinrichtungen aufgebaut wird.

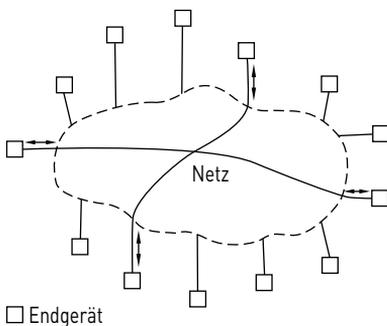


Bild 2.2 Vermittlung



Beispiel:

Das Telefon ist das klassische Beispiel für Individualkommunikation durch den Einsatz von Vermittlungseinrichtungen.



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

Der Sinn und Zweck von Netzen ist deren Nutzung für die Kommunikation, also den 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 den Diensten sind zwei Gruppen Beteiligter zu unterscheiden und zwar die Erbringer von Diensten und die Anwender von Diensten. Als übliche Bezeichnungen werden Diensteanbieter [service provider] und Dienstenutzer [service user], meist nur in der Kurzform Nutzer [user], verwendet (**Bild 2.3**).

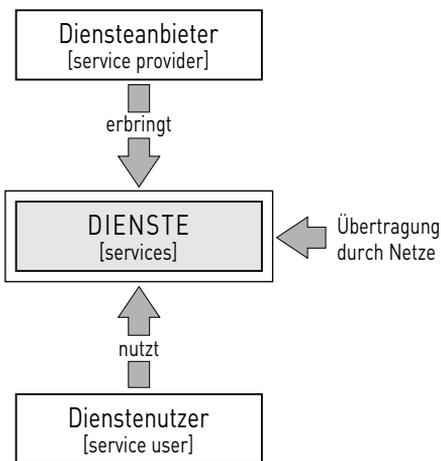


Bild 2.3 Diensteanbieter und Dienstenutzer

Eine für den Nutzer wichtige Eigenschaft von Diensten stellt die Zugriffsmöglichkeit dar. Der Zugang zu Diensten kann kostenlos oder entgeltspflichtig, 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] → entgeltspflichtig

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 in der Regel in nationalen Normen bzw. europäischen oder internationalen 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

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 Zeitabhängige Signale

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



Zeitfunktion $f(t)$ = Zuordnung zwischen dem Signalwert (z. B. Spannung U) als abhängige Variable und der Zeit t als unabhängige Variable

Derartige Zeitabhängigkeiten lassen sich als Graph (d. h. Kurvenverlauf) in einem rechtwinkligen Koordinatensystem darstellen, dessen waagerechte Achse als x-Achse oder Abszisse bezeichnet wird und die senkrechte Achse als y-Achse oder Ordinate. Ein solches Koordinatensystem weist vier als Quadranten bezeichnete Felder auf. Der Kreuzungspunkt der beiden Achsen bildet den Nullpunkt, so dass positive und negative Werte darstellbar sind (**Bild 3.1**).

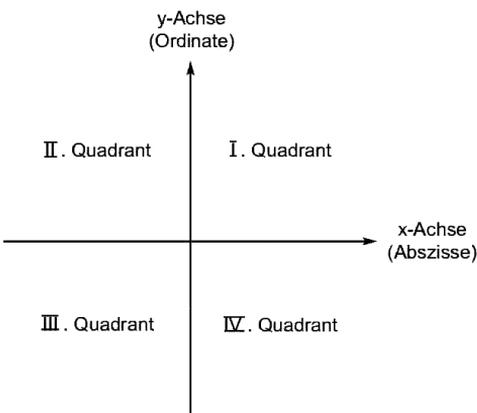


Bild 3.1 Rechtwinkliges Koordinatensystem

Bei einer Zeitfunktion gilt stets folgende Form der Darstellung:

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

Für den Graphen $u = f(t)$ sind nur der I. und IV. Quadrant von Interesse, da zwar positive und negative Spannungswerte möglich sind, jedoch keine negativen Zeiten.

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 auftreten (**Bild 3.2**). Es lassen sich bei den Zeitfunktionen vier grundsätzliche Varianten unterscheiden:

- Wertekontinuierliche/zeitkontinuierliche Zeitfunktion
- Wertekontinuierliche/zeitdiskrete Zeitfunktion
- Wertediskrete/zeitkontinuierliche Zeitfunktion
- Wertediskrete/zeitdiskrete Zeitfunktion

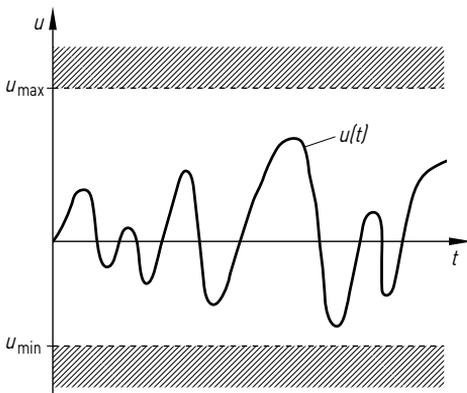


Bild 3.2 Zeitfunktion mit Wertebereich

Bei wertekontinuierlichen/zeitkontinuierlichen Zeitfunktionen handelt es sich um analoge Signale. Diese können im gesamten Betrachtungszeitraum jeden Wert innerhalb des vorgegebenen Wertebereichs annehmen. Sie werden deshalb auch als vielwertige Signale bezeichnet.

Sind bei Zeitfunktionen Signalwerte nur in festgelegten Intervallen (also Zeitschritten) vorhanden und können diese wie beim analogen Signal alle Werte innerhalb des vorgegebenen Wertebereichs annehmen, dann liegen zeitdiskrete Signale vor.

Sind bei Signalen neben Zeitintervallen auch noch Werteintervalle festgelegt, dann gilt für diese wertediskreten/zeitdiskreten Zeitfunktionen die Bezeichnung digitale Signale. Beim vorgegebenen Wertebereich sind im Prinzip beliebig viele Werteintervalle n möglich, was zu $n + 1$ Signalwerten führt. Für die Nachrichtentechnik hat der Fall $n = 1$ in der Regel die größte Bedeutung. Es ergeben sich in den Zeitintervallen zweiwertige Signale, deren beide Zustände üblicherweise mit 0 und 1 bezeichnet werden. Für die weiteren Ausführungen sollten deshalb als digitale Signale nur zweiwertige Signale gelten. Dabei spielt es keine

Rolle, ob die beiden Zustände durch positive oder negative Signalwerte repräsentiert werden (**Bild 3.3**).

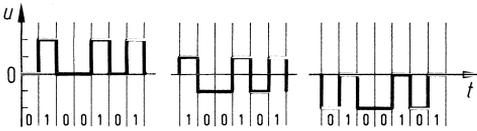


Bild 3.3 Digitale Signale



Analoge Signale sind vielwertige Signale und weisen kontinuierliche Verläufe auf.

Digitale Signale sind zweiwertige Signale und weisen diskrete Verläufe auf.

In der Nachrichtentechnik sind analoge Signale, die **sinusförmige Verläufe** aufweisen, von besonderer Bedeutung. Diese Funktion ist nicht nur technisch einfach realisierbar, sondern lässt sich auch durch verschiedene Kenngrößen mathematisch einfach beschreiben. Dazu gehören der als Amplitude bezeichnete Maximalwert (Größtwert) der Spannung \hat{u} , die Frequenz f , die Periodendauer T und der gegenüber einem Bezugszeitpunkt (z. B. Nullpunkt des Koordinatensystems) bestehende Phasenwinkel ϕ , der auch als Phasenverschiebungswinkel bezeichnet wird (**Bild 3.4**). Es gilt:

$$u(t) = \hat{u} \cdot \sin(2 \cdot \pi \cdot f \cdot t \pm \varphi) \quad (3.1)$$

Periodendauer

$$T = \frac{1}{f} \quad (3.2)$$

Ein positiver Phasenwinkel bedeutet, dass die Zeitfunktion um die Gradzahl des Phasenwinkels gegenüber dem Bezugspunkt früher auftritt. Bei einem negativen Phasenwinkel liegen die umgekehrten Verhältnisse vor.

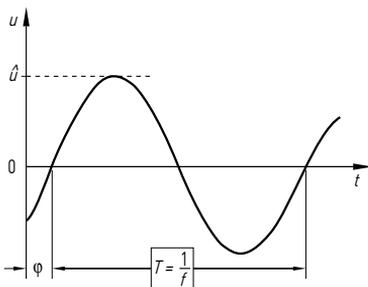


Bild 3.4 Sinusförmige Zeitfunktion

Das Produkt $2 \cdot \pi \cdot f$ wird als Kreisfrequenz ω bezeichnet. Damit lassen sich Gleichungen einfacher und damit auch überschaubarer darstellen.

Kreisfrequenz

$$\omega = 2 \cdot \pi \cdot f \quad (3.3)$$

Für eine sinusförmige Zeitfunktion, die keine Phasenverschiebung aufweist (also im Nullpunkt des Koordinatensystems beginnt), ergibt sich damit:

$$u(t) = \hat{u} \cdot \sin(\omega \cdot t) \tag{3.4}$$

Neben sinusförmigen Verläufen sind in der Nachrichtentechnik auch **rechteckförmige Verläufe** von Bedeutung. Bei diesen treten periodisch sprunghafte Wechsel zwischen zwei definierten Spannungswerten auf. Es liegt deshalb Zweiwertigkeit vor, wobei auch diese Zeitfunktion durch Amplitude, Frequenz, Periodendauer und Phasenwinkel beschreibbar ist (**Bild 3.5**).

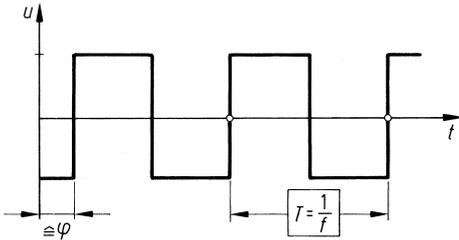


Bild 3.5 Rechteckförmige Zeitfunktion

Eine rechteckförmige Zeitfunktion muss weder symmetrisch zur Zeitachse verlaufen noch während der Periodendauer gleiche Anteile für die beiden Signalwerte aufweisen. Eine typische Variante liegt vor, wenn der Minimalwert der Funktion 0 V beträgt (also auf der auch als Zeitachse bezeichneten x-Achse verläuft) und der Maximalwert weniger als die Hälfte der Periodendauer T vorliegt. Es handelt sich dann um eine periodische Folge von Impulsen, die als Puls oder Impulsfolge bezeichnet wird (**Bild 3.6**).

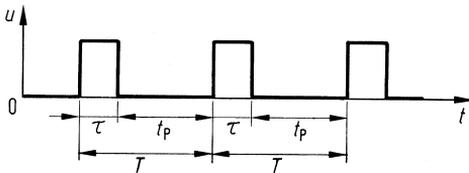


Bild 3.6 Puls (Impulsfolge)

Die Periodendauer eines Pulses unterteilt sich in die Impulsdauer T und die Impulspause t_p , während sich die Pulsfrequenz f_p aus dem Kehrwert der Periodendauer ergibt.

Als Information über den zeitlichen Abstand zwischen den Impulsen und damit auch über die Impulspause wurden der Tastgrad g und als dessen Kehrwert das Tastverhältnis v definiert. Es gilt:

$$g = \frac{\tau}{T} \Leftrightarrow v = \frac{T}{\tau} \tag{3.5}$$

Ist der Tastgrad vorgegeben, dann berechnet sich die Impulspause t_p wie folgt:

$$t_p = T - \tau = T \cdot (1 - g) \tag{3.6}$$

**Beispiel:**

Für eine Impulsfolge mit der Pulsfrequenz $f_p = 1 \text{ kHz}$ und dem Tastgrad $g = 0,5$ soll die Impulsdauer T und die Impulspause t_p ermittelt werden:

1. Schritt: Berechnung der Periodendauer

$$T = \frac{1}{f} = \frac{1}{1 \text{ kHz}} = 1 \text{ ms}$$

2. Schritt: Berechnung der Impulsdauer gemäß Gleichung (3.5)

$$\tau = g \cdot T = 0,5 \cdot 1 \text{ ms} = 0,5 \text{ ms}$$

3. Schritt: Berechnung der Impulspause gemäß Gleichung (3.6)

$$t_p = T - \tau = 1 \text{ ms} - 0,5 \text{ ms} = 0,5 \text{ ms}$$

Im Beispiel weisen Impulsdauer und Impulspause gleiche Werte auf, die Impulsfolge ist also zeitlich symmetrisch aufgebaut. Der Tastgrad hängt unmittelbar von der Impulsdauer ab:

Kurze Impulsdauer → Kleiner Tastgrad

Lange Impulsdauer → Großer Tastgrad



Der Tastgrad kann Werte zwischen 0 und 1 aufweisen.

Bei digitalen Signalen handelt es sich im Prinzip um rechteckförmige Zeitfunktionen mit dem in vorstehendem Beispiel vorgegebenen Tastgrad $g = 0,5$. Sie weisen somit einen für Impulsdauer und Impulspause gleiches Zeitraster auf. Bei jedem Schritt wird eine Elementarentscheidung getroffen, da der Signalwert entweder den Zustand 0 oder den Zustand 1 aufweist. Diese kleinstmögliche Informationseinheit wird als **Bit** bezeichnet, abgeleitet von dem englischen Begriff „binary digit“.



Kennzeichnendes Merkmal digitaler Signale: Bit [binary digit]

Bei der digitalen Kommunikation handelt es sich deshalb um die kontinuierliche Übertragung von Bits, also beliebigen Folgen von Nullen und Einsen. Als Einheit für die Elementarentscheidung wurde „bit“ festgelegt.



1 bit = 1 Elementarentscheidung (0 oder 1)

Große Bitmengen lassen sich mit den üblichen Vorzeichen wie folgt angeben:

Kilobit:	1 kbit	=	10^3 bit	=	1000 bit
Megabit:	1 Mbit	=	10^6 bit	=	1 000 000 bit
Gigabit:	1 Gbit	=	10^9 bit	=	1 000 000 000 bit

Die Übertragung vorgegebener Bitmengen ist gekennzeichnet durch die Übertragungsgeschwindigkeit, wobei stets der Bezug auf die Zeiteinheit Sekunde (s) erfolgt. Die als Bitrate bezeichnete Übertragungsgeschwindigkeit v_{bit} weist konsequenterweise die Einheit „bit/s“, also Bit pro Sekunde, auf.



Bitrate = Übertragungsgeschwindigkeit digitaler Signale v_{bit}
Einheit: bit/s

Für die Angabe großer Bitraten lassen sich auch hier die Vorzeichen verwenden:

Kilobit pro Sekunde:	1 kbit/s	=	1000 bit/s
Megabit pro Sekunde:	1 Mbit/s	=	1 000 000 bit/s
Gigabit pro Sekunde:	1 Gbit/s	=	1 000 000 000 bit/s

Bei der Angabe von Bitraten tauchen oftmals auch die Bezeichnungen kbps und Mbps auf. Hierbei handelt es sich um die im englischen Sprachraum übliche Einheitenkennzeichnung für die Übertragungsgeschwindigkeit digitaler Signale:

kbps [kilobit per second] = kbit/s

Mbps [Megabit per second] = Mbit/s

Aus der Bitrate lässt sich durch Kehrwertbildung die maximal zulässige Bitdauer ermitteln.



Beispiel:

Bezogen auf eine Bitrate von 10 Mbit/s soll die maximale Bitdauer berechnet werden.

$$t_{\text{bit}} = \frac{1}{10 \text{ Mbit/s}} = \frac{1}{10^7 \text{ bit/s}} = 10^{-7} \text{ s/bit} = 0,1 \mu\text{s/bit}$$

Das einzelne Bit darf also nur 0,1 μs (= 100 ns) dauern.

Je größer die Bitrate, desto kleiner wird die zulässige Bitdauer. Damit auf der Empfangsseite die einzelnen Bits noch unterschieden werden können, darf die Bitdauer allerdings bestimmte Werte nicht unterschreiten. Diese hängen vom Übertragungsverfahren und der eingesetzten Technologie ab (**Bild 3.7**).

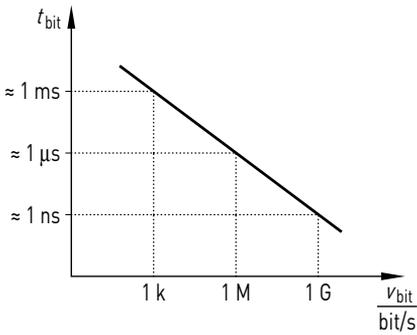


Bild 3.7 Zusammenhang zwischen Bitrate und Bitdauer

In der Nachrichtentechnik treten bei digitalen Signalen häufig auch Gruppen von 8 bit auf. Für eine solche zusammenhängende Folge von Bits gilt die Bezeichnung **Byte**. Als Einheit wurde „B“ gewählt, es ist aber auch „Byte“ üblich.

Bei Speichern erfolgt die Angabe der Kapazität in der Regel in Byte. Dabei werden folgende Potenzen zur Basis 2 verwendet:

1 KB	=	2^{10} B	=	1024 Byte
1 MB	=	2^{20} B	=	1 048 576 Byte
1 GB	=	2^{30} B	=	1 073 741 824 Byte

Grundsätzlich kann die Bitrate auch bezogen auf Bytes angegeben werden.

■ 3.2 Frequenzabhängige Signale

Während bei der Zeitfunktion Signalwert und Zeit einander zugeordnet sind, ist es bei der **Frequenzfunktion** der Signalwert und die Frequenz. Dabei gilt als vereinbart, dass sich Angaben stets auf sinusförmige Verläufe beziehen, die bekanntlich durch Amplitude, Frequenz und Phasenwinkel gekennzeichnet sind.

Der Bezug auf sinusförmige Verläufe ermöglicht den einfachen Übergang zwischen Zeit- und Frequenzfunktionen. Die Frequenzabhängigkeit ist für die Amplitude und den Phasenwinkel darstellbar (**Bild 3.8**). Da bei sinusförmiger Spannung zwischen dem Scheitelwert (Amplitude) und dem Effektivwert eine feste Verkopplung besteht, unterscheiden sich die Ergebnisse nur durch einen konstanten Faktor.

Bei der Frequenzabhängigkeit des Phasenwinkels ist stets ein Referenzwert erforderlich. Dabei stellt die Größe des Phasenwinkels ein Maß für die Signallaufzeit dar.

Bei den üblicherweise als Frequenzgang bezeichneten Frequenzfunktionen sind folgende Formen unterscheidbar:

- **Amplituden-Frequenzgang** [amplitude frequency response] (auch als Amplitudengang bezeichnet): Darstellung der Amplitude (oder des Effektivwertes) in Abhängigkeit von der Frequenz (**Bild 3.9**)

- **Phasen-Frequenzgang** [phase frequency response]
 (auch als Phasengang bezeichnet):
 Darstellung des Phasenwinkels in Abhängigkeit von der Frequenz (**Bild 3.10**)

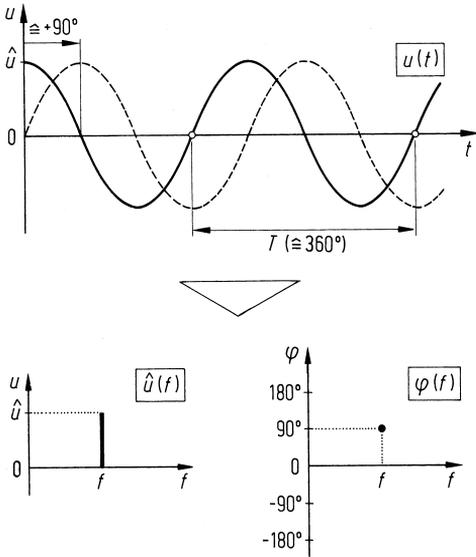


Bild 3.8 Übergang zwischen Zeit- und Frequenzfunktion

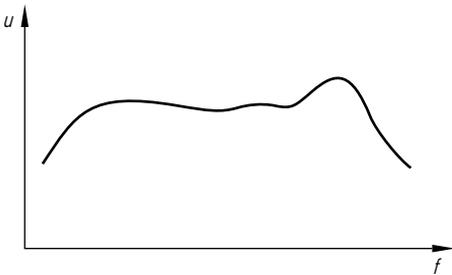


Bild 3.9 Amplituden-Frequenzgang

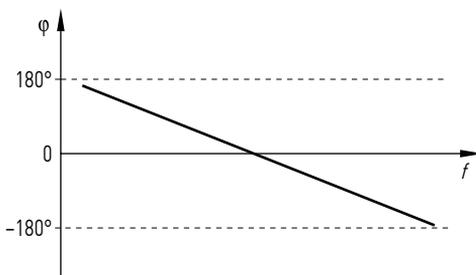


Bild 3.10 Phasen-Frequenzgang

Ein Spezialfall des Amplituden-Frequenzgangs liegt vor, wenn nur für einzelne Frequenzen Amplituden auftreten. Diese werden dann als Spektrallinien bezeichnet. Ihre Abstände zueinander können gleich aber auch unregelmäßig sein.

In der Nachrichtentechnik kommen Signale mit unterschiedlichen Frequenzen zum Einsatz. Sie reichen vom Hz-Bereich bis zum GHz-Bereich. Für Funkanwendungen werden zum Beispiel die Frequenzen von 9 kHz bis 345 GHz verwendet (**Tabelle 3.1**).

Tabelle 3.1 Frequenzbereiche der Funktechnik

Bezeichnung [deutsch]	Bezeichnung [englisch]	Frequenz f	Wellenlänge λ
Megameterwellen	extremely low frequencies (ELF)	kleiner 3 kHz	größer 100 km
Myriameterwellen	very low frequencies (VLF)	3 ... 30 kHz	100 ... 10 km
Kilometerwellen	low frequencies (LF)	30 ... 300 kHz	10 ... 1 km
Hektometerwellen	medium frequencies (MF)	0,3 ... 3 MHz	1000 ... 100 m
Dekameterwellen	high frequencies (HF)	3 ... 30 MHz	100 ... 10 m
Meterwellen	very high frequencies (VHF)	30 ... 300 MHz	10 ... 1 m
Dezimeterwellen	ultra high frequencies (UHF)	0,3 ... 3 GHz	100 ... 10 cm
Zentimeterwellen	super high frequencies (SHF)	3 ... 30 GHz	10 ... 1 cm
Millimeterwellen	extremely high frequencies (EHF)	30 ... 300 GHz	10 ... 1 mm

Für die Nutzung der Frequenzen gibt es eine klassische Einteilung, nämlich Niederfrequenz (NF), Hochfrequenz (HF) und Höchsthfrequenz. Es gibt dafür zwar keine festgelegten Grenzen, jedoch gilt NF bis etwa 50 kHz, während der GHz-Bereich zur Höchsthfrequenz zählt. Die Frequenzen dazwischen bilden somit den Hochfrequenzbereich.

Während bei leitungsgebundener Übertragung von Signalen elektrische Leitungen oder Lichtwellenleiter als Übertragungsmedium verwendet werden, ist es bei jeder Funkübertragung stets die Luft. Es kommen deshalb für dieses Medium elektromagnetische Wellen zum Einsatz. Als Schnittstellen für diesen Übertragungsweg ist auf der sendenden Seite wie auf der empfangenden Seite jeweils eine Antenne erforderlich.

■ 3.3 Pegel und ihre Anwendungen

Bei allen in der Nachrichtentechnik verwendeten Signalen handelt es sich bekanntlich um Verläufe physikalischer Größen. Sie werden durch Messung und/oder Berechnung ermittelt und stellen für die Anwendungen wichtige Informationen dar. In der elektrischen Nachrichtentechnik spielen dabei folgende Größen eine wichtige Rolle:

- Elektrische Spannung [voltage]
Formelzeichen: U
Einheit: V (Volt)
- Elektrische Wirkleistung [power]
Formelzeichen: P
Einheit: W (Watt)

Bezogen auf die optische Nachrichtentechnik ist es die optische Leistung P_{opt} , bei der die Maßeinheit ebenfalls das Watt (W) ist. Um Verwechslungen zwischen optischer und elektrischer Leistung zu vermeiden, wird im Bedarfsfall als Formelzeichen für die elektrische Wirkleistung P_{el} verwendet.



In der optischen Nachrichtentechnik ist optische Leistung P_{opt} die bestimmende Größe.

Die Angabe eines Spannungswertes erfolgt als Vielfaches der Einheit Volt (V), während es sich beim Leistungswert um das Vielfache der Einheit Watt (W) handelt. Das Vielfache kann dabei auch eine beliebig gebrochene Zahl sein. Bei der Spannung ist zur Angabe der Polarität zusätzlich auch das Minuszeichen möglich.

In der Nachrichtentechnik treten neben der elektrischen Spannung U (üblicherweise nur als Spannung bezeichnet) und der elektrischen Wirkleistung P (üblicherweise nur als Leistung bezeichnet) auch noch andere physikalische Größen auf. Dabei ist gemäß nachfolgenden Angaben zwischen Leistungsgrößen und Feldgrößen zu unterscheiden:

Leistungsgrößen weisen Proportionalität zur elektrischen Wirkleistung P auf:

- Energie, Arbeit W (Einheit: J)
- Leistungs(fluss)dichte P/A (Einheit: W/m²)
- Energiedichte W/A (Einheit: J/m²)

Feldgrößen weisen Proportionalität zur Quadratwurzel der elektrischen Wirkleistung P auf:

- Elektrische Spannung U (Einheit: V)
- Elektrischer Strom I (Einheit: A)
- Elektrische Feldstärke E (Einheit: V/m)
- Magnetische Feldstärke H (Einheit: A/m)
- Kraft F (Einheit: N)
- Schalldruck p (Einheit: Pa)

Häufig ist nicht der absolute Wert einer Größe von Interesse, sondern das Verhältnis von zwei gleichartigen Größen, also zum Beispiel Eingangs- und Ausgangsspannung eines Verstärkers. Es ergibt sich dadurch ein Bruch, dessen Zähler und Nenner gleiche Dimensionen aufweisen. Das führt zu einem dimensionslosen Ausdruck x . Bezogen auf beliebige Stellen a und b ergibt sich für die Leistung:

$$x_p = \frac{P_a}{P_b} \quad (3.7)$$

Vergleichbar gilt für die Spannung:

$$x_U = \frac{U_a}{U_b} \quad (3.8)$$

Die Beschreibung dieser Größenverhältnisse durch den dekadischen Logarithmus führt zu folgender Form y und wird im Gegensatz zur linearen Variante als Pegel [level] bezeichnet:

$$y_P = \lg \frac{P_a}{P_b} \quad (3.9)$$

$$y_U = \lg \frac{U_a}{U_b} \quad (3.10)$$

Als Formelzeichen für den Pegel wurde L festgelegt.



Pegel [level] L = Logarithmiertes Verhältnis von Leistungsgrößen und Feldgrößen

Durch einen Index beim Formelzeichen L lässt sich die Art des Pegels eindeutig kennzeichnen, wie L_P für den Leistungspegel und L_U für den Spannungspegel.

Da Pegelangaben systembedingt dimensionslos sind, sie jedoch als Pegelangabe erkennbar sein sollen, wurde als Pseudoeinheit „Bel“ (B) festgelegt. Es hat sich allerdings in der Praxis das Dezibel (dB) durchgesetzt, also das Zehntelbel, weil dies zu überschaubaren Pegelwerten führt. Es gilt:

$$1 \text{ dB} = \frac{1}{10} \text{ B} \quad \Rightarrow \quad 1 \text{ B} = 10 \text{ dB} \quad (3.11)$$

Damit ergibt sich für den Leistungspegel:



$$L_P = 10 \cdot \lg \frac{P_a}{P_b} \text{ dB} \quad (3.12)$$

Mit Hilfe der Leistungsformel ist der Übergang vom Leistungspegel zum Spannungspegel möglich. Es gilt:

$$L_P = 10 \cdot \lg \frac{P_a}{P_b} \text{ dB} = 10 \cdot \lg \frac{\frac{U_a^2}{R_a}}{\frac{U_b^2}{R_b}} \text{ dB} \quad (3.13)$$

Als Bedingung gilt nun, dass sich beide Leistungen auf den gleichen Widerstand beziehen müssen. Das bedeutet:

$$R_a = R_b = R \quad (3.14)$$

Daraus folgt für den Spannungspegel:

$$L_U = 10 \cdot \lg \frac{U_a^2}{U_b^2} \text{ dB} = 10 \cdot \lg \left(\frac{U_a}{U_b} \right)^2 \text{ dB} = 10 \cdot 2 \cdot \lg \frac{U_a}{U_b} \text{ dB}$$



$$L_U = 20 \cdot \lg \frac{U_a}{U_b} \text{ dB} \quad (3.15)$$

Ist ein Pegelwert vorgegeben, dann kann durch Entlogarithmieren das Verhältnis der Leistungen und Spannungen einfach ermittelt werden. Es gilt allgemein:

$$y = \lg x \Leftrightarrow x = 10^y \quad (3.16)$$

Daraus folgt auf die Leistungen bezogen:



$$\frac{P_a}{P_b} = 10^{\frac{L_P}{10 \text{ dB}}} \quad (3.17)$$

Bezogen auf die Spannungen ergibt sich:



$$\frac{U_a}{U_b} = 10^{\frac{L_U}{20 \text{ dB}}} \quad (3.18)$$

Die bisherigen Betrachtungen der Leistungen und Spannung bezogen sich auf zwei beliebige Stellen a und b im Kommunikationssystem. In der Praxis ist jedoch sehr häufig das Verhältnis zwischen der Eingangsgröße und der Ausgangsgröße einer Baugruppe, eines Gerätes oder eines Systems von Bedeutung. Es gelten dafür folgende Indizes:

- Größen am Eingang: Index 1
- Größen am Ausgang: Index 2

Diese Festlegung führt zum **relativen Pegel**. Für die Beziehung (= Relation) zwischen Eingang und Ausgang gibt es zwei Möglichkeiten für die Pegelangabe:

Bezug auf den Ausgang (Index 2)

$$L_{P(1/2)} = 10 \cdot \lg \frac{P_1}{P_2} \text{ dB} \quad (3.19)$$

Bezug auf den Eingang (Index 1)

$$L_{P(2/1)} = 10 \cdot \lg \frac{P_2}{P_1} \text{ dB} \quad (3.20)$$

Beide Pegel basieren auf den Kehrwerten der Leistungsverhältnisse. Sie weisen deshalb gleiche Zahlenwerte, jedoch unterschiedliche Vorzeichen auf.

Die Wirkungsrichtung verläuft bei Baugruppen, Geräten und Systemen stets vom Eingang zum Ausgang. Sind die Werte von Leistung oder Spannung am Ausgang größer als die am Eingang, dann liegt Verstärkung [gain] vor und es ergibt sich ein positiver Wert für den Pegel.



Ausgangsgröße > Eingangsgröße = Verstärkung [gain] → Positiver Pegelwert

Bei kleineren Werten am Ausgang gegenüber dem Eingang handelt es sich um Dämpfung [attenuation]. Das führt zu negativen Werten für den Pegel. Es gelten folgende Zusammenhänge:

$$\text{Verstärkung: } P_2 > P_1 \Rightarrow \frac{P_2}{P_1} > 1 \Rightarrow \lg \frac{P_2}{P_1} > 0 \Rightarrow L_p = 10 \cdot \lg \frac{P_2}{P_1} \text{ dB} > 0 \quad (3.21)$$

$$\text{Dämpfung: } P_2 < P_1 \Rightarrow \frac{P_2}{P_1} < 1 \Rightarrow \lg \frac{P_2}{P_1} < 0 \Rightarrow L_p = 10 \cdot \lg \frac{P_2}{P_1} \text{ dB} < 0 \quad (3.22)$$

Vorstehende Aussagen gelten vergleichbar auch für die Spannung.

Durch das Vorzeichen ist also bei jedem Pegelwert eindeutig erkennbar, ob es sich um Verstärkung oder Dämpfung handelt, wenn sich die Angabe auf dieselbe Wirkungsrichtung bezieht. Im Sprachgebrauch und in der Fachliteratur wird dies nicht immer konsequent beachtet. So muss bei der Aussage, dass die Dämpfung 12 dB beträgt, in Berechnungen dies als -12 dB berücksichtigt werden.

Das lineare Verhältnis der Leistungswerte bzw. Spannungswerte wird als Verstärkungsfaktor oder Dämpfungsfaktor bezeichnet.



Faktor = Lineares Verhältnis der Werte für P bzw. U

Beim logarithmierten Verhältnis der Leistungswerte bzw. Spannungswerte handelt es sich dagegen um Verstärkungspegel oder Dämpfungspegel (**Bild 3.11**).

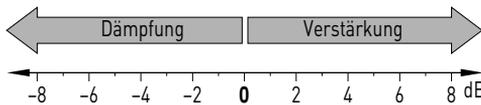


Bild 3.11 Verstärkungs- und Dämpfungspegel



Pegel = Logarithmiertes Verhältnis der Werte für P bzw. U

In der **Tabelle 3.2** sind die möglichen Varianten der Faktoren und Pegel zusammengestellt.

Tabelle 3.2 Faktoren und Pegel für Leistung und Spannung

$P_2 > P_1$	Leistungs- Verstärkungsfaktor	$V_p = \frac{P_2}{P_1}$	Leistungs- Verstärkungspegel	$L_{p(v)} = 10 \cdot \lg \frac{P_2}{P_1} \text{ dB}$
$U_2 > U_1$	Spannungs- Verstärkungsfaktor	$V_u = \frac{U_2}{U_1}$	Spannungs- Verstärkungspegel	$L_{u(v)} = 20 \cdot \lg \frac{U_2}{U_1} \text{ dB}$

$P_2 < P_1$	Leistungs- Dämpfungsfaktor	$D_p = \frac{P_2}{P_1}$	Leistungs- Dämpfungspegel	$L_{P(A)} = 10 \cdot \lg \frac{P_2}{P_1} \text{ dB}$
$U_2 > U_1$	Spannungs- Dämpfungsfaktor	$D_u = \frac{U_2}{U_1}$	Spannungs- Dämpfungspegel	$L_{U(A)} = 20 \cdot \lg \frac{U_2}{U_1} \text{ dB}$

In der Fachliteratur wird für die Verstärkungspegel auch die Bezeichnung g (von „gain“) verwendet und für die Dämpfungspegel a (von „attenuation“).

Durch Pegelangaben in Dezibel (dB) können auch große Werteverhältnisse mit überschaubaren Zahlen angegeben werden (**Bild 3.12**).

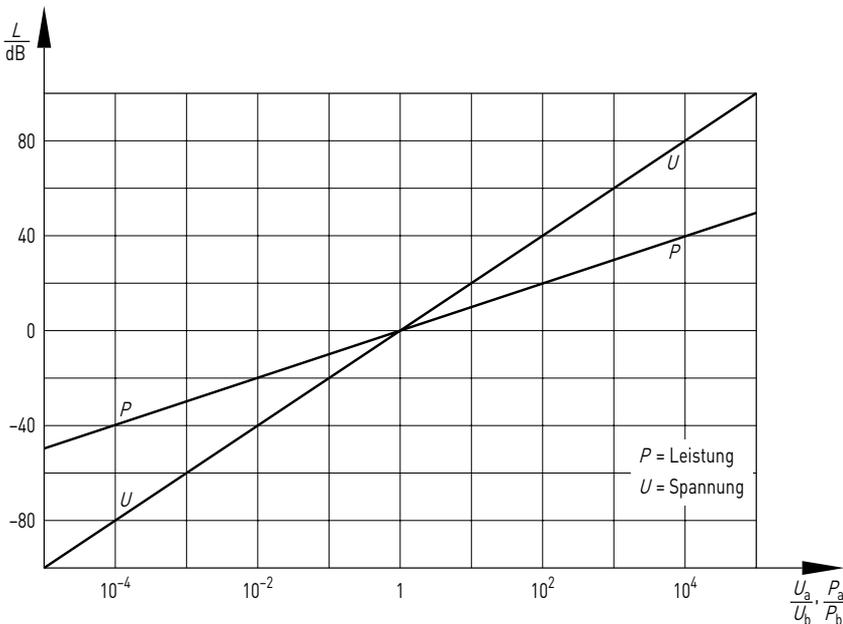


Bild 3.12 Relative Pegel für Leistung und Spannung

Die bisherigen Pegelbetrachtungen bezogen sich stets auf gleiche Widerstandswerte am Eingang und Ausgang. Diese Situation ist in der Praxis nicht immer gegeben. Bezogen auf den Widerstand R_1 am Eingang und den Widerstand R_2 am Ausgang lässt sich folgende Abhängigkeit ermitteln:

$$L_p = L_u + 10 \cdot \lg \frac{R_2}{R_1} \text{ dB} \quad (3.23)$$

Weisen R_1 und R_2 gleiche Werte auf, dann gilt das auch für den Leistungspegel und den Spannungspegel.

Erfolgt bei Pegelangaben der Bezug auf definierte Referenzwerte, dann handelt es sich um **absolute Pegel**. Wird für den allgemeinen Fall für den Referenzwert der Index „ref“ gewählt, dann gilt für den absoluten Leistungspegel:



$$(L_p)_{\text{abs}} = 10 \cdot \lg \frac{P}{P_{\text{ref}}} \text{dB} \quad (3.24)$$

Der absolute Spannungspegel weist folgende Form auf:



$$(L_U)_{\text{abs}} = 20 \cdot \lg \frac{U}{U_{\text{ref}}} \text{dB} \quad (3.25)$$

Der Index „abs“ kann entfallen, wenn hinter dem dB-Zeichen die Einheit der Referenzgröße in Klammern angegeben ist. Von dieser genormten Form wird in der Praxis häufig abgewichen und ein direktes Anhängsel an das dB-Zeichen verwendet.

Grundsätzlich ist jeder Wert als Referenz möglich. In der Praxis sind jedoch nur bestimmte Größen üblich. Dazu gehören:

- Absoluter Leistungspegel, bezogen auf 1 mW
Genormte Angabe: dB(mW)
Häufig verwendete Angabe: dBm
- Absoluter Leistungspegel, bezogen auf 1 W
Genormte Angabe: dB(W)
Häufig verwendete Angabe: dBW
- Absoluter Spannungspegel, bezogen auf 1 μV
Genormte Angabe: dB(μV)
Häufig verwendete Angabe: dB μV
- Absoluter Spannungspegel, bezogen auf 1 V
Genormte Angabe: dB(V)
Häufig verwendete Angabe: dBV

In **Tabelle 3.3** ist eine Auswahl für die Nachrichtentechnik wichtiger absoluter Pegel und ihre Entlogarithmierung zusammengestellt.

Tabelle 3.3 Berechnung absoluter Pegel

Art des Pegels	Berechnung des Pegels	Berechnung des Wertes
absoluter Leistungspegel Bezugswert: 1 mW	$L_p = 10 \cdot \lg \frac{P}{1 \text{ mW}} \text{dBm}$	$P = 10^{L_p/10 \text{ dBm}} \text{ mW}$
absoluter Leistungspegel Bezugswert: 1 W	$L_p = 10 \cdot \lg \frac{P}{1 \text{ W}} \text{dBW}$	$P = 10^{L_p/10 \text{ dBW}} \text{ W}$

Art des Pegels	Berechnung des Pegels	Berechnung des Wertes
absoluter Spannungspegel Bezugswert: 1 μV	$L_U = 20 \cdot \lg \frac{U}{1\mu\text{V}} \text{ dB}\mu\text{V}$	$U = 10^{L_U/20} \text{ dB}\mu\text{V} \mu\text{V}$
absoluter Spannungspegel Bezugswert: 1 V	$L_U = 20 \cdot \lg \frac{U}{1\text{V}} \text{ dBV}$	$U = 10^{L_U/20} \text{ dBV V}$
absoluter Feldstärkepegel Bezugswert: 1 $\mu\text{V/m}$	$L_E = 20 \cdot \lg \frac{E}{1\mu\text{V/m}} \text{ dB}(\mu\text{V/m})$	$E = 10^{L_E/20} \text{ dB}(\mu\text{V/m}) \mu\text{V/m}$

Mit Hilfe der Tabelle lassen sich Pegelwerte und Größen problemlos ineinander umrechnen.

Da an der Ergänzung des dB-Zeichens erkennbar ist, dass es sich bei der Angabe um einen absoluten Pegel handelt, wird in der Fachliteratur üblicherweise das Adjektiv „absolut“ meistens nicht verwendet. Es hat sich auch eingebürgert, trotz der Angabe absoluter Pegel in Dezibel (dB), lediglich von Leistung, Spannung und Feldstärke zu sprechen.



Häufig wird bei Angaben in Dezibel (dB) nicht der Begriff Pegel verwendet.

Neben reinen Pegelangaben sind häufig auch die Unterschiede zwischen zwei Pegelwerten von Interesse. Beziehen sich diese Differenzen auf dieselbe Stelle, dann gilt die Bezeichnung **Abstand [ratio]** (**Bild 3.13**). Durch Zusätze wird der Bezug für die Angabe genauer beschrieben.

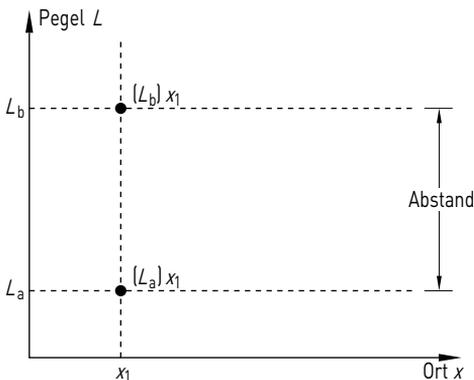


Bild 3.13 Pegeldifferenz „Abstand“



Beispiel:

Ein vorgegebener Störabstand [signal-to-noise ratio (SNR)] von 30 dB bedeutet, dass der Pegel des Nutzsignals um 30 dB größer ist, als der des Störsignals.

Mathematisch betrachtet, handelt es sich bei dem Abstand um den Betrag der Differenz von zwei auf denselben Ort bezogenen Pegelwerten.

$$\text{Abstand} = \left| (L_a)_{x_1} - (L_b)_{x_1} \right| \quad (3.26)$$



Beim Abstand erfolgt der Bezug auf denselben Ort!

Wird dagegen der Betrag der Differenz von zwei Pegelwerten an unterschiedlichen Orten betrachtet, dann gilt die Bezeichnung **Maß** [figure] (**Bild 3.14**). Auch hier wird durch Zusätze der Bezug für die Angabe genauer beschrieben.

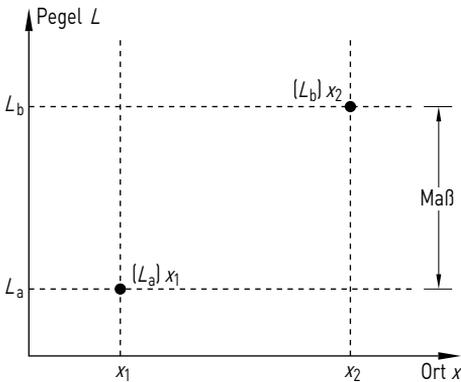


Bild 3.14 Pegeldifferenz „Maß“



Beispiel:

Ein Rauschmaß [noise figure] von 10 dB bedeutet, dass der Pegelwert für das Rauschsignal am Ausgang (2) einer elektronischen Funktionseinheit (z.B. Verstärker) um 10 dB größer ist, als der Pegelwert für das Rauschsignal am Eingang (1).

Aus mathematischer Sicht stellt sich das Maß wie folgt dar:

$$\text{Maß} = \left| (L_a)_{x_1} - (L_b)_{x_2} \right| \quad (3.27)$$



Beim Maß erfolgt der Bezug auf unterschiedliche Orte.

Analog zu den bereits behandelten Verstärkungs- und Dämpfungspegeln sind auch Verstärkungs- und Dämpfungsmaße definierbar. Es ergeben sich folgende Varianten:

- Leistungs-Verstärkungsmaß $g_p = L_{p(2)} - L_{p(1)}$ (3.28)

- Spannungs-Verstärkungsmaß $g_u = L_{u(2)} - L_{u(1)}$ (3.29)

- Leistungs-Dämpfungsmaß $\alpha_p = L_{p(1)} - L_{p(2)}$ (3.30)

- Spannungs-Dämpfungsmaß $\alpha_u = L_{u(1)} - L_{u(2)}$ (3.31)

In der Fachsprache werden für Verstärkungs- und Dämpfungsmaß überwiegend nur die nicht präzisen Bezeichnungen Verstärkung und Dämpfung verwendet.

Kommunikationssysteme bestehen stets aus einer Kettenschaltung verschiedener Funktionseinheiten, jede gekennzeichnet durch Verstärkung oder Dämpfung. Die Änderung der Pegelsituation innerhalb des Systems lässt sich überschaubar als Graph in einem rechtwinkligen Koordinatensystem darstellen. Es handelt sich um den Verlauf des Pegels L in Abhängigkeit vom Ort. Diese Funktion $L = f(x)$ wird als Pegelplan oder Pegeldiagramm bezeichnet. Auf der x -Achse (Abszisse) ist dabei der Ort x abgetragen, während es sich auf der y -Achse (Ordinate) um den Pegel handelt. Der Graph beginnt mit dem Eingangspegel und endet mit dem Ausgangspegel des Systems.



Beispiel:

Es soll der Pegelplan für ein aus fünf Stufen bestehendes Kommunikationssystem dargestellt werden, bei dem in Reihenfolge der Stufen folgende Werte für die Verstärkung bzw. Dämpfung vorliegen: 24 dB, -10 dB, 3 dB, 18 dB, -12 dB.

Im Koordinatensystem beginnt der Graph bei 0 dB. Er steigt dann bei der ersten Stufe um 24 dB, reduziert sich bei der zweiten Stufe um 10 dB, um danach wieder um 3 dB größer zu werden. Durch die vorletzte Stufe ergibt sich ein weiterer Anstieg um 18 dB, während die Dämpfung der letzten Stufe wieder einen Rückgang um 12 dB bewirkt. Als Ausgangspegel tritt damit ein Wert von 23 dB auf (**Bild 3.15**).

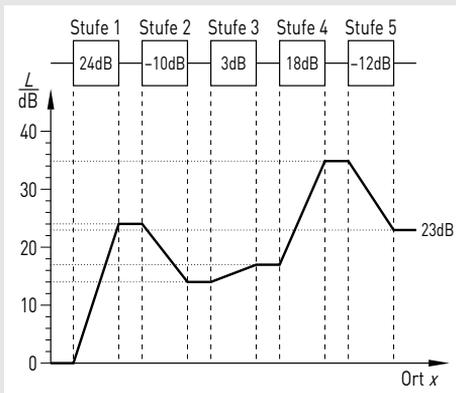


Bild 3.15 Beispiel für Pegelplan

Hätte der Eingangspegel 15 dB betragen, dann wäre der Verlauf des Graphen zwar unverändert geblieben, jedoch insgesamt um 15 dB nach oben verschoben. Als Ausgangspegel würde sich dann der Wert 23 dB + 15 dB = 38 dB ergeben.

Vorstehendes Beispiel verdeutlicht folgende Abhängigkeiten:

- Positive Pegelwerte \triangleq Verstärkung
→ Anstieg des Graphen $L = f(x)$
- Negative Pegelwerte \triangleq Dämpfung
→ Abfall des Graphen $L = f(x)$



Pegelplan (Pegeldiagramm) = Darstellung des Pegels in Abhängigkeit vom Ort bei Kommunikationssystemen.

Im Pegelplan können relative Pegel, aber auch absolute Pegel für Leistungen und Spannungen verwendet werden. Die Wahl kann nach Zweckmäßigkeit für den Einzelfall erfolgen. Liegt am Eingang ein absoluter Pegel vor, dann ergibt sich auch am Ausgang ein absoluter Pegel. Aus dem Graphen ist beim absoluten Pegel auch erkennbar, welcher größte (maximale) und kleinste (minimale) Pegel im Kommunikationssystem auftritt.

4

Referenzmodell für offenes Kommunikationssystem

■ 4.1 Anforderungen

Jeder Kommunikationsvorgang basiert auf physikalischen Gesetzmäßigkeiten. Das Ziel ist stets eine spezifische Anwendung [application], also der gewünschte Dienst.



Beispiel:

Der Wirkungsmechanismus bei direkter Kommunikation zwischen zwei Personen ist die Gesetzmäßigkeit der Akustik für das Sprechen. Diese wird jedoch von den Kommunikationspartnern seit ihrer Kindheit beherrscht.

Im Falle der Telekommunikation können sich die im vorstehenden Beispiel Beteiligten nicht mehr unmittelbar erreichen. Es bedarf deshalb eines Übertragungsmediums, um die vorhandenen Entfernungen zu überbrücken. Dies lässt sich bekanntlich durch Leitungsverbindungen oder Funkstrecken realisieren, wobei das Sprachsignal dabei als elektrisches und/oder optisches Signal übertragen wird. Dadurch ergibt sich allerdings keine grundsätzliche Änderung der Anwendung „Sprachkommunikation“.

Bei der Kommunikation stellt die Sprache nur einen Fall dar. Es ist vielmehr die Betrachtung aller Arten von Audiosignalen, Videosignalen und Daten erforderlich. Dabei sind die bisher aufgezeigten Ebenen, oben die Anwendung und unten die Physik, nicht ausreichend. Es müssen deshalb folgende Funktionen berücksichtigt werden:

- **Syntax**
Es handelt sich um die bei jedem Informationsaustausch erforderliche verbindliche Festlegung der Darstellungsform.
- **Protokolle**
Diese sind für die Abwicklung der Kommunikation unbedingt erforderlich.
- **Transportsteuerung**
Damit die Kommunikation zuverlässig und kostengünstig erfolgen kann, ist die Steuerung des Signaltransports von Ende zu Ende erforderlich.
- **Vermittlung**
Dabei handelt es sich um die gezielte Steuerung des Aufbaus und Abbaus der Verbindungswege zwischen den beteiligten Endgeräten einer Kommunikation.

■ **Sicherung**

Für optimale Ergebnisse der Kommunikation ist die Sicherung der Informationen gegen störende Beeinflussungen oder Verlust von großer Bedeutung.

Bei analogen Diensten sind vorstehende Anforderungen relativ einfach erfüllbar, weil hier stets eigenständige Netze zum Einsatz kommen, also dienstespezifische Konzepte vorliegen. Dafür gilt auch die Bezeichnung Closed Systems Interconnection (CSI), was Kommunikation im geschlossenen System bedeutet.

Digitale Dienste ermöglichen dagegen die Unabhängigkeit von spezifischen Netzen. Sie können über unterschiedliche Netze betrieben werden, was die Effizienz der Übertragung steigert und deren Kosten reduziert.

Das lässt sich allerdings nur durch **offene Kommunikationssysteme** erreichen. Von der Internationalen Standardisierungsorganisation [International Standardisation Organisation (ISO)] wurde ein Referenzmodell für derartige Netze bzw. Systeme entwickelt. Als Bezeichnung dafür gilt OSI [open systems interconnection], also Kommunikation in offenen Systemen. Dieses **OSI-Referenzmodell** macht keine Vorgaben für die Implementation von Netzen, sondern bietet den strukturierten Mechanismus von Kommunikationsvorgängen. Es reduziert die Komplexität des Systems durch Aufteilung in definierte Einzelschritte, was die Bildung von Subsystemen bedeutet. Damit wird die einheitliche Syntax sichergestellt.

■ 4.2 Schichten und Protokolle

Das OSI-Referenzmodell besteht aus sieben Schichten [layer], die hierarchisch angeordnet zwischen dem physikalischen Medium und der Anwendung liegen. Jede Schicht beschreibt bestimmte Funktionen und weist zur darüber und darunter liegenden Schicht eindeutige Schnittstellen auf. Dadurch lassen sich Kommunikationssysteme mit Hardware (also Geräten, Baugruppen, Funktionseinheiten, ...) und Software (also Programmen, Protokollen, ...) verschiedener Hersteller aufbauen. Es müssen lediglich die Schnittstellenbedingungen erfüllt sein. Auf diese Weise werden Wettbewerb ermöglicht und Fortschritte in der Technologie sowie bei der Softwareentwicklung nicht behindert.



Die Verwendung von Hardware und Software beliebiger Hersteller ist möglich, wenn die Schnittstellenbedingungen erfüllt sind.

Die niedrigste Schicht (Schicht 1) des OSI-Referenzmodells setzt unmittelbar auf dem physikalischen Medium auf, das selbst nicht als Schicht betrachtet wird. Diese Schicht weist eine bestimmte Funktionalität auf und erbringt gegenüber der nächsthöheren Schicht (Schicht 2) eine Dienstleistung (häufig auch nur als Dienst bezeichnet), definiert durch die Schnittstelle zwischen beiden Schichten. Die Schicht 2 benötigt die Dienstleistung der Schicht 1, um in Verbindung mit ihrer eigenen Funktionalität nun für die Schicht 3 eine Dienstleistung bereitstellen zu können. Dieses Konzept setzt sich bis zur höchsten Schicht (Schicht 7) fort (**Bild 4.1**). Die darüber liegende Anwendung trifft somit auf ein verschachteltes System von Schichten (**Bild 4.2**). Ein vollständiges offenes Kommunikationssystem umfasst dabei alle sieben Schichten.

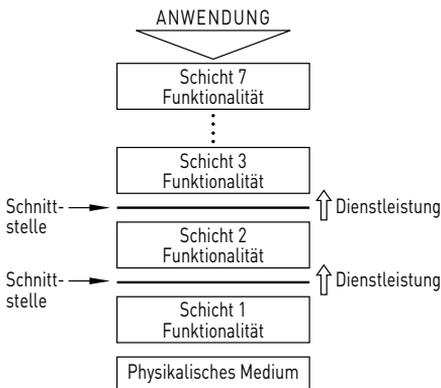


Bild 4.1 Gegenseitige Abhängigkeiten der Schichten

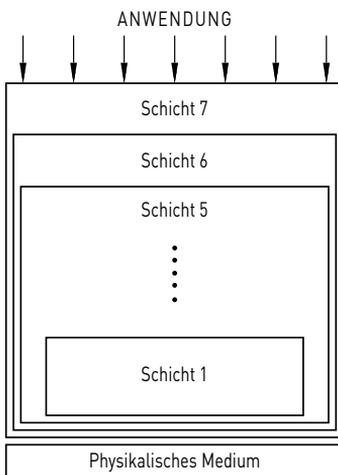


Bild 4.2 Schichten aus Sicht der Anwendung

Bei den Schichten lassen sich zwei Gruppen unterscheiden. Die Schichten 1 bis 4 behandeln die Transportfunktionen für die Daten zwischen Quelle und Senke, sind also netzorientiert. Die Schichten 5 bis 7 regeln dagegen die Anwendung der Kommunikation und setzen einen reibungslosen Datentransport voraus. Die Schichten dieser Gruppe sind somit anwendungsorientiert.

Die Schicht 1 wird als Übertragungsschicht [physical layer] bezeichnet. Sie stellt alle Funktionen für die Steuerung der Übertragung der digitalen Signale zur Verfügung, bewerkstelligt die eigentliche Übertragung und wird deshalb auch als Bitübertragungsschicht bezeichnet. Das führt im Ergebnis zu einer ungesicherten Verbindung zwischen den Stellen A und B. Die Schicht 1 bewirkt auch die Anpassung der ankommenden oder abgehenden Bitströme an das physikalische Medium (z. B. Koaxialkabel, Lichtwellenleiter, ...), weshalb Bitraten, Modulationsarten, Trägerfrequenzen und andere für eine Übertragung relevanten Parameter zu berücksichtigen sind.

*Schicht 1***Übertragungsschicht** [physical layer]

(auch als Bitübertragungsschicht bezeichnet)

Bewirkt ungesicherte Übertragung von A nach B auf Basis der übertragungstechnischen Parameter.

Die Schicht 2 wird als Sicherungsschicht [data link layer] bezeichnet. Sie hat primär die Aufgabe, die von der Übertragungsschicht (Schicht 1) bewirkte ungesicherte Übertragung in eine gesicherte Übertragung zu wandeln. Dazu gehört auch, dass eine schnelle Quelle eine langsamere Senke nicht überfüllen darf. Sie stellt den Fehlerschutz und den Zugriff auf die Daten über entsprechende Verfahren sicher. Dabei umfasst der Fehlerschutz stets die Fehlererkennung und die Fehlerkorrektur.

*Schicht 2***Sicherungsschicht** [data link layer]

Bewirkt Fehlererkennung, Fehlerkorrektur und gesicherten Zugriff auf die Bitströme

Die Schicht 3 wird als Vermittlungsschicht [network layer] bezeichnet. Sie transformiert die durch Schicht 1 und Schicht 2 bewirkte gesicherte Verbindung von A nach B in eine gesicherte Punkt-zu-Punkt-Verbindung durch ein Netz. Dies umfasst den Aufbau und Abbau der Verbindung, ebenso die als Wegesuche zu verstehende Lenkung der Bitströme im Netz und die erforderliche Adressierung.

*Schicht 3***Vermittlungsschicht** [network layer]

Bewirkt Aufbau, Lenkung und Abbau von Verbindungen im Netz

Die Schicht 4 wird als Transportschicht [transport layer] bezeichnet. Sie ist für die Übertragung der digitalen Signale zwischen den an der Kommunikation beteiligten Endgeräten zuständig, stellt also den eigentlichen Nutzern die Transportmöglichkeit zur Verfügung. Dies gilt unabhängig von den Eigenschaften der verwendeten Netze. Die Transportschicht kann eine vorgesehene Netzverbindung zwischen den Endgeräten auch auf mehrere physikalische Verbindungen aufteilen.

*Schicht 4***Transportschicht** [transport layer]

Bewirkt unabhängig von den Eigenschaften der Netze die Übertragung zwischen den Endgeräten

Die Schicht 5 wird als Kommunikationsschicht [session layer] bezeichnet. Sie ist für Eröffnung, Verwaltung der Durchführung und Beendigung der Kommunikationsverbindung zuständig. Für eine solche Verbindung gilt auch die Bezeichnung Sitzung. Die Schicht stellt auch die Synchronisation zwischen den beteiligten Endgeräten und den Schutz der Bitströme gegen den Zugriff durch Unbefugte sicher.



Schicht 5

Kommunikationsschicht [session layer]

Bewirkt Eröffnung, Synchronisation, Durchführung, Zugriffsschutz und Beendigung einer Kommunikationsverbindung (Sitzung)

Die Schicht 6 wird als Darstellungsschicht [presentation layer] bezeichnet. Sie ist für die Darstellung (Präsentation) der Informationen hinsichtlich Syntax und Semantik zuständig. Dazu gehören auch Vereinbarungen über entsprechende Darstellungsformen und im Bedarfsfall erforderliche Anpassungen der Übertragungsformate. Das führt zum Beispiel bei der Bearbeitung von Dokumenten dazu, dass gleichwertige Text- und Grafikdarstellungen angeboten werden, auch wenn bei den Endgeräten der Nutzer Hardware und Software verschiedener Hersteller mit unterschiedlichen Grafikauflösungen zum Einsatz kommen.



Schicht 6

Darstellungsschicht [presentation layer]

Bewirkt unabhängig von der in den Endgeräten eingesetzten Hardware und Software Darstellung der Informationen im einheitlichen Format

Die Schicht 7 ist die oberste Schicht des OSI-Referenzmodells und wird als Verarbeitungsschicht [application layer] bezeichnet. Sie regelt im Detail, wie die Endgeräte bei einer Kommunikation zusammenwirken. Dazu gehören unter anderem die Identifizierung der Kommunikationspartner, die Wahl der als Dienstgüte bezeichneten Kommunikationsparameter und das Angebot grundlegender Dienste (z. B. E-Mail). Die Schicht 7 bildet eine unmittelbare Verknüpfung zur eigentlichen Anwendung.



Schicht 7

Verarbeitungsschicht [application layer]

Bewirkt das optimale Zusammenwirken der Endgeräte im Detail und bietet die Verknüpfung zur Anwendung

Die sieben Schichten des OSI-Referenzmodells weisen eine geschlossene Struktur auf und stellen eine Art Aufgabenverteilung mit gegenseitiger Abhängigkeit dar (**Bild 4.3**). Bei realen Kommunikationssystemen ist für jede Funktionalität der Bezug auf eine der Schichten des OSI-Referenzmodells möglich.

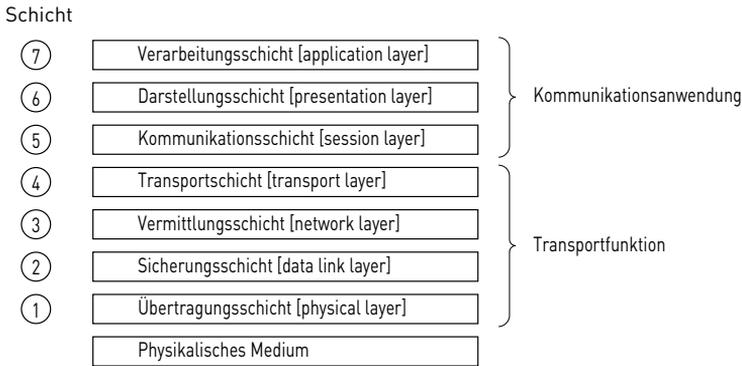


Bild 4.3 Schichten des OSI-Referenzmodells

Bezogen auf die Verbindung offener Systeme gemäß dem OSI-Referenzmodell kommuniziert jede Schicht auf der einen Seite nur mit der gleich hohen Schicht auf der anderen Seite. Dies erfolgt über Protokolle, also festgelegte Regeln, deren Umsetzung über das physikalische Medium erfolgt. Deshalb gibt es das Übertragungsprotokoll, das Sicherungsprotokoll, das Vermittlungsprotokoll und das Transportprotokoll als transportorientierte Protokolle sowie das Kommunikationsprotokoll, das Darstellungsprotokoll und das Verarbeitungsprotokoll als anwendungsorientierte Protokolle (**Bild 4.4**).

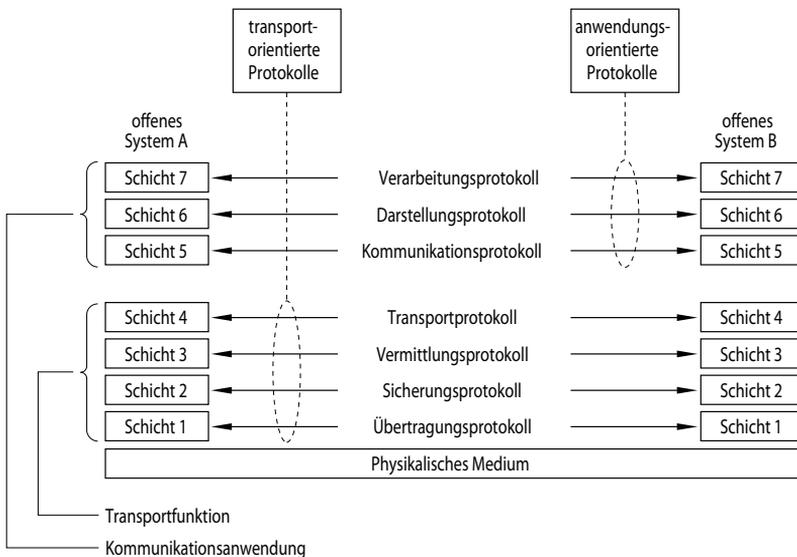


Bild 4.4 Protokolle beim OSI-Referenzmodell



Die Kommunikation der Schichten des OSI-Referenzmodells erfolgt bei Verbindungen nur zwischen gleich hohen Schichten mit Hilfe von Protokollen.