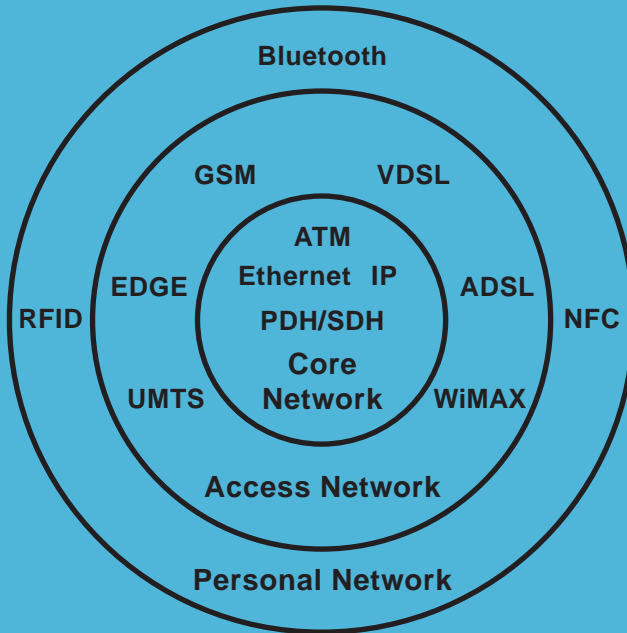


# Kommunikationstechnik-Fibel

Grundlagen  
Netze  
Mobilfunk  
Breitband  
NGN



<http://www.kommunikationstechnik-fibel.de/>

<http://www.elektronik-kompndium.de/>

# Kommunikationstechnik-Fibel



Die Themen dieses Buches sind Grundlagen der Kommunikationstechnik, Netze, Mobilfunk, Breitband und Next Generation Network.

Die Kommunikationstechnik-Fibel ist kein Lehrbuch im klassischen Sinne. Es ist als Ergänzung zu einer schulischen oder betrieblichen Ausbildung gedacht. Es soll Lücken schließen und Verständnis für komplexe Sachverhalte in der Kommunikationstechnik bringen.

Die Arbeit mit diesem Buch soll dem Schüler oder Azubi ein klareres Verständnis und eine deutlich bessere Leistung ermöglichen.

**Format:** 14,8 x 21 cm (A5)

**Seiten:** 320

**Auflage:** 2. Auflage vom Oktober 2008

<http://www.kommunikationstechnik-fibel.de/>

## Elektronik-Fibel



<http://www.elektronik-fibel.de/>

## Computertechnik-Fibel



<http://www.computertechnik-fibel.de/>

## Netzwerktechnik-Fibel



<http://www.netzwerktechnik-fibel.de/>

# Vorwort

Die Kommunikationstechnik-Fibel erschien als zweites Buch im Rahmen der Webseite Elektronik-Kompendium.de bereits im Mai 2003. Für die 2. Auflage wurde dieses Buch gründlich überarbeitet und in vielen Teilen neu geschrieben.

Mein Wunsch ist es, dass der Leser der Kommunikationstechnik-Fibel ein besseres Verständnis für die Kommunikationstechnik und ihre Zusammenhänge bekommt.

Dieses Buch soll Grundlagen vermitteln, Zusammenhänge erklären und das große Thema Kommunikationstechnik als Ganzes erfassbar machen. Für diesen Zweck wurden alle wichtigen Themen von den Grundlagen, über die Netze, Mobilfunk, Breitband bis zu den aktuellen Entwicklungen rund um Next Generation Networks zusammengefasst.

Hier werden nur die Themen vorgestellt, die zum Grundverständnis notwendig sind, um die darauf aufbauenden komplexeren Themen der Kommunikationstechnik leichter verstehen zu können. Aus meiner Erfahrung heraus weiß ich, dass es nicht notwendig ist, jede neue Technik zu erklären, denn nicht alles, was technisch möglich ist, wird wirklich umgesetzt.

Jedes einzelne Kapitel vermittelt Grundlagenwissen und steht für sich. Sie können die Kapitel in der von Ihnen bevorzugten Reihe lesen. Die Kapitel bauen also nicht zwangsläufig aufeinander auf. Daher gibt es auch keinen "roten Faden", den man üblicherweise von einem Fach- oder Lehrbuch erwartet. Lehrbücher zur Kommunikationstechnik gibt mehr als genug.

Dieses Buch ist eine Ergänzung für die schulische und betriebliche Aus- und Weiterbildung, die sich am Stoffplan orientiert. Wird dieser zu schnell durchgearbeitet, dann entstehen Fragen oder Wissenslücken, die mit der Kommunikationstechnik-Fibel schnell und präzise beantwortet bzw. aufgefüllt werden können.

In diesem Sinne soll die Kommunikationstechnik-Fibel ein treuer Begleiter durch die Kommunikationstechnik sein.

Wenn Ihnen dieses Buch gefällt und nützt, dann sagen Sie es weiter. Wenn Sie Anregungen und Verbesserungsvorschläge für mich haben, dann nehme ich die gerne entgegen. Sie erreichen mich unter der E-Mail-Adresse [Patrick.Schnabel@das-elko.de](mailto:Patrick.Schnabel@das-elko.de)

Begleitend zum Buch empfehle ich die Webseite <http://www.elektronik-kompodium.de/>. Dort gibt es noch viel mehr Informationen zu den Themen Kommunikationstechnik, Netzwerktechnik, Computertechnik und Elektronik.

Abonnieren Sie den Newsletter oder RSS-Feed. So bleiben Sie regelmäßig auf dem neusten Stand.

Ich wünsche Ihnen viel Freude und neue Erkenntnisse beim Lesen.

Patrick Schnabel

# Inhaltsverzeichnis

## Grundlagen der Kommunikationstechnik

Telekommunikation.....	10
Übertragungstechnik.....	12
Multiplex und Multiplexing.....	15
Duplexing / Duplex .....	21
Übertragungsmedium .....	22
Kupferkabel / Telefonkabel (Twisted Pair) .....	24
Koaxialkabel.....	26
Nebensprechen / Übersprechen / Crosstalk .....	27
Lichtwellenleiter (LWL / Glasfaser) .....	31
Modulation / Modulationsverfahren .....	36
AM - Amplitudenmodulation .....	40
FM - Frequenzmodulation.....	41
QAM - Quadrature Amplitude Modulation.....	42
PAM - Pulsamplitudenmodulation .....	43
PCM - Pulsmodulation.....	47
Pulsmodulation (PCM) im ISDN-Netz .....	50

## Netze und Übertragungsverfahren

Telefonnetz / Festnetz.....	54
Architektur des Festnetzes.....	58
Telefonie / Fernsprechübertragung.....	60
Vermittlungstechnik .....	62
Wahlverfahren (IWV / MFV / DEV).....	64
Signalisierung.....	66
Tarife und Abrechnungsverfahren.....	70
Analoge Telefone .....	71
Systeme der öffentlichen Vermittlungstechnik .....	74
PDH - Plesiochrone Digitale Hierarchie.....	75
SDH - Synchrone Digitale Hierarchie / SONET .....	76
ATM - Asynchronous Transfer Mode .....	77
Übertragungsgeschwindigkeit und Datenrate.....	82
DFÜ - Datenfernübertragung.....	84
Modem (analog) .....	85
Telefax.....	87

ISDN - Integrated Services Digital Network.....	89
NTBA - ISDN-Netzabschlussgerät für den Basisanschluss .....	91
ISDN-Basisanschluss.....	92
ISDN-Primärmultiplexanschluss .....	94
ISDN-Schnittstellen.....	95
S0-Bus .....	96
Telekommunikationssysteme / TK-Systeme / TK-Anlagen.....	98
CTI - Computer Telephony Integration.....	102
UMS - Unified Messaging Service.....	106
Call Center / Contact Center.....	107

## **Funktechnik und Mobilfunk**

Funktechnik .....	112
Funktechnik - Grundbegriffe .....	114
Antennen.....	115
Funknetze / Funksysteme .....	120
Grundlagen Mobilfunk .....	124
Endgeräte im Mobilfunk.....	128
Roaming.....	132
Handover .....	132
GSM - Global System for Mobile Communications .....	134
DCS - Digital Cellular System .....	135
GSM-Systemarchitektur .....	136
Datenübertragung im Mobilfunknetz.....	140
GPRS - General Packet Radio Service .....	142
EDGE - Enhanced Data Rates for GSM Evolution .....	145
SMS - Short Message Service .....	148
MMS - Multimedia Messaging Service.....	150
IMT-2000 - International Mobile Telecommunications at 2000 MHz....	152
UMTS - Universal Mobile Telecommunications System.....	154
UMTS-Netzarchitektur .....	156
UMTS-Funkschnittstelle.....	159
HSPA - Highspeed Paket Access .....	162
LTE - Long Term Evolution.....	164
LBS - Location Based Services .....	165
Ortung und Positionsbestimmung im Mobilfunk .....	168
GPS - Global Positioning System.....	170
Handy-TV / Mobile TV .....	176
IEEE 802.16 / WiMAX .....	179

WiMAX fixed / IEEE 802.16d-2004.....	182
WiMAX mobile / IEEE 802.16e-2005 .....	183
Schnurlose Telefonie .....	184
DECT - Digital Enhanced Cordless Telecommunications .....	186
Bluetooth 1.0 / 1.1 / 1.2 .....	191
Bluetooth 2.0 / 2.1 .....	197
RFID - Radio Frequency Identification .....	199
NFC - Near Field Communication .....	203

## **Breitbandtechnik**

Breitbandtechnik.....	208
DSL - Digital Subscriber Line.....	212
HDSL - High Data Rate Digital Subscriber Line .....	215
SDSL - Single Pair Digital Subscriber Line .....	216
ADSL - Asymmetric Digital Subscriber Line .....	218
ADSL2.....	226
ADSL2+ .....	228
DSM - Dynamic Spectrum Management .....	230
ADSL-Architektur .....	232
U-R2-Schnittstelle .....	236
IAD - Integrated Access Device .....	238
T-DSL .....	239
VDSL - Very High Speed Digital Subscriber Line .....	241
VDSL1.....	241
VDSL2.....	242
Kabelmodemtechnik (TV-Kabelnetz) .....	247
Breitband über Satellit .....	253
Powerline-Kommunikation / Powerline Communications (PLC).....	256

## **Next Generation Network**

Konvergenz in der Kommunikationstechnik.....	264
FMC - Fixed mobile Convergence .....	266
NGN - Next Generation Network.....	268
IMS - IP Multimedia Subsystem .....	272
ENUM - tElephone NUmber Mapping.....	274
UMA - Unlicensed Mobile Access.....	278
Triple Play .....	279
IP-TV / IPTV / TV over IP / TVoDSL .....	283

VoIP - Voice over IP .....	285
FoIP - Fax over IP.....	291
H.323 .....	291
H.323-Systemarchitektur .....	294
H.323-Kommunikation .....	295
SIP - Session Initiation Protocol .....	298
SIP-Systemarchitektur .....	299
SIP-Kommunikation.....	301
SIP-Provider .....	305
SIPS - Session Initiation Protocol Security .....	308
RTP - Realtime Transport Protocol .....	308
Audio-Codecs zur Sprachdigitalisierung .....	309
QoS - Quality of Service.....	312
RSVP - Resource Reservation Protocol.....	314
Priorisierung und Queuing.....	315
IP-Centrex / Hosted PBX.....	316
Skype .....	318

## **Anhang**

TAE - Telekommunikationsanschlusseinheit .....	324
UAE - Universal-Anschluss-Einheit.....	327

## **Stichwortverzeichnis**

# **Grundlagen der Kommunikationstechnik**

**Telekommunikation**

**Übertragungstechnik**

**Übertragungsmedien**

**Modulationsverfahren**

# Telekommunikation

Telekommunikation ist vom griechischen "tele" abgeleitet, was soviel wie "weit" oder "entfernt" bedeutet.

Um räumliche Grenzen zu überwinden, hat die Menschheit schon früh Techniken entwickelt, um Informationen zu übermitteln. So zum Beispiel mit Trommeln oder Signalhörnern.

Während die Telekommunikation in der Anfangszeit hauptsächlich durch militärische Interessen vorangetrieben wurde, so ist es heute der kommunikative Mensch, der das Bedürfnis hat seine Informationen an einen oder mehrere Menschen zu übermitteln. Dabei haben sich nicht nur technische Übermittlungssysteme entwickelt, sondern sogar ganze Kommunikationsmedien, die auch die Organisation von Informationen und Nachrichten übernehmen.

In den letzten 200 Jahren vollzog die Entwicklung der Telekommunikation einen regelrechten Quantensprung: vom ersten Telegrafen zum Satelliten-Handy. Rechnernetzwerke und das Internet führte dazu, dass sich unser Leben radikal veränderte. Das Bedürfnis Daten und Informationen zu übertragen ist heute so groß, dass es sogar teilweise zu Engpässen bei den Übertragungssystemen kommt.

Während wir vor ein paar Jahrzehnten noch bevorzugt telefoniert haben, nutzen wir inzwischen Kurznachrichten, Chat oder sogar Video-Telefonie, um zu kommunizieren.

Die Übertragung von Daten, in welcher Form auch immer, ist die vorherrschende Anwendung für alle Kommunikationsnetze geworden. Selbst die Sprache wird digitalisiert und in ein Datenformat gepackt um es mit vielerlei anderen Anwendungen über das gleiche Medium zu übertragen.

## Das Internet

Mit dem Internet ist ein globales Netzwerk entstanden. Dieser weltweite Transportdienst, der jedes beliebige Datenpaket zu jedem beliebigen Empfänger transportieren kann, ist der Grund, warum die gesamten digitalen Industrien sich in einem Umbruch befinden. Dabei sind einige Geschäftsmodelle ins Wanken geraten und versuchen sich mit allen Mitteln zu stabilisieren. Die einen versuchen es mit der Ausschöpfung aller rechtlicher Mittel. Die anderen in der Wahrnehmung der Chancen, auf

denen sie neue Geschäftsmodelle bauen. Davon sind nicht nur die Produzenten der digitalen Inhalte betroffen, sondern auch diejenigen, die diese digitalen Inhalte transportieren: die Netzbetreiber.

Der TK-Markt wächst kaum noch. Das spüren immer mehr Festnetz- und Mobilfunkbetreiber. Nur noch einzelne Bereiche generieren zeitweise höhere Umsätze. Die TK-Anbieter treten deshalb immer öfter in andere Marktbereiche ein, die sie mit ihrer Kernkompetenz, dem Betreiben von Kommunikationsnetzen, verknüpfen. Dabei wachsen Festnetz, Mobilfunk und Internet zusammen und fördern kundenorientierte Tarife und Produkte für spezielle Zielgruppen. Mobilfunkanbieter bilden zum Beispiel mit speziellen Endgeräten oder Tarifen einen Festnetz-Anschluss nach.

Heute bestimmen das mobile Breitband-Internet, IP-Technologie und Full-Service-Angebote (Triple Play) die Strategien der Telekom-Konzerne. Zukünftig werden Telefonie, Fernsehen und Datendienste zu einem universellen Medium zusammenwachsen.

## **Organisationen**

Maßgebliche Beteiligung an der heutigen und zukünftigen Kommunikationstechnik haben nationale, regionale und internationale Organisationen, die Normungen vornehmen und so über den Einsatz neuer Entwicklungen mitentscheiden.

Es folgt ein Auszug aus den wichtigsten internationalen Normungsorganisationen.

### **ITU - International Telecommunication Union**

Die ITU (International Telecommunication Union) ist eine Teilorganisation der UN und weltweit tätig, um in den Regierungen und Unternehmen den Aufbau und Betrieb von Telekommunikationsnetzen und -diensten zu koordinieren. Die ITU ist verantwortlich für die Regulierung, Standardisierung, Koordinierung und Entwicklung der nationalen und internationalen Telekommunikation.

Die ITU-R ist eine Teilorganisation der ITU mit dem "Radiocommunication Sector" als Verantwortungsbereich. Die wichtigste Veranstaltung der ITU-R ist die Weltkonferenz über die Frequenzverwaltung.

Die ITU-T ist eine Teilorganisation der ITU mit dem "Telecommunication

Standardization Sector" als Verantwortungsbereich. Die ITU-T spezifiziert alle Standards (Recommendations) im Bereich der Telekommunikation. Die ITU-D ist eine Teilorganisation der ITU mit dem "Development Sector" als Verantwortungsbereich.

## **ETSI - European Telecommunication Standards Institut**

Das ETSI (European Telecommunications Standards Institute) wurde 1988 von der EG-Kommission gegründet. Es sollte Standards für ein gemeinsames digitales Telefonnetz erarbeiten.

Beim ETSI werden in mehrere Arbeitsgruppen die Europäischen Telecommunication Standards (ETS) spezifiziert, für den Bereich der Mobilkommunikation zum Beispiel GSM, DCS-1800, UMTS und WLAN.

## **Übertragungstechnik**

Der Begriff Übertragungstechnik ist ein sehr umfassender Begriff. Zwar geht es im Prinzip nur darum, wie Informationen über ein definiertes Übertragungsmedium von A nach B übermittelt wird. Doch stehen dahinter vielerlei Verfahren die verschiedene Aufgaben übernehmen.

- Vermittlungstechnik
- Modulationsverfahren
- Multiplexing
- Übertragungsmedien
- Protokolle

In der Übertragungstechnik unterscheidet man zwischen der Information und dem Signal. Die Information bezeichnet das, was übertragen wird. Das Signal definiert, wie es übertragen wird. Sowohl Information als auch das Signal können analog oder digital sein.

## **Unterscheidung Analog und Digital**

Analoge Signale bestehen aus einem kontinuierlichen Signal- bzw. Datenstrom. Den gibt es bei digitalen Signalen nicht. Wenn digitale Daten anfallen, dann entstehen sie meist explosionsartig. Das Datenaufkommen überschreitet dann häufig ein Maß, so dass die Daten nicht mehr

verarbeitet werden können. Die Daten müssen dann zwischengespeichert werden, damit sie nicht verloren gehen.

		Signal/Übertragung/Netz	
		Analog	Digital
Information	Analog	Direkt	Codec
	Digital	Modem	Interface

Man unterscheidet zwischen analogen und digitalen Signalen bzw. analogen und digitalen Informationen. Insgesamt gibt es 4 verschiedene Signal-Information-Kombinationen.

### **Analoge Information - Analoges Signal**

Soll eine analoge Information analog übertragen werden, dann ist das relativ einfach. Es ist kein spezielles Interface notwendig. Zwar gibt es auch hier bestimmte Schnittstellen und Verarbeitungselemente, doch deren Funktion ist relativ einfach. Im Prinzip ist das so, wie wenn man einen Lautsprecher an einen Verstärker anschließt. Das Signal wird über ein Kabel vom Verstärker zum Lautsprecher geführt.

### **Digitale Information - Analoges Signal**

Schwieriger wird es, wenn eine digitale Information analog übertragen werden soll. Typischer Fall ist der Einsatz eines Modems, das die digitalen Daten aus dem Computer in analoge Signale umwandelt, um sie über das Telefonnetz zu übertragen. Modem ist ein Kunstwort. Es besteht aus den Begriffen Modulator und Demodulator.

### **Digitale Information - Digitales Signal**

Leicht anzunehmen wäre es, dass sich digitale Informationen ohne Probleme digital übertragen lassen würden. Doch weit gefehlt. Digitale Signale haben den Nachteil, dass sie sehr störanfällig sind. Vor der Übertragung müssen digitale Signale erst aufbereitet werden.

## Analoge Informationen digital übertragen

Wenn analoge Informationen in digitale Signale umgewandelt werden müssen, dann kommt man auf den Vorgang der Quantisierung. Für die Umwandlung von analoge Signale in digitale Signale ist der Codec verantwortlich. Auch hier handelt es sich um ein Kunstwort, bestehend aus Coder und Decoder. Das analoge Signal wird in ein digitales Signal kodiert und umgekehrt decodiert. Bei der Codierung bekommt ein analoger Wert einen digitalen Wert, der dann übertragen wird. Beim Empfänger wird der digitale Wert in einen analogen Wert decodiert.

## Bandbreite

Im Bereich der Übertragungstechnik fällt häufig der Begriff "Bandbreite". In der analogen Welt bezieht sich die Bandbreite auf den Frequenzbereich, der von einem analoges Signal beansprucht wird. Deshalb wird die Bandbreite auch als Frequenzbereich bezeichnet. Wobei der Frequenzbereich klar definiert, von wo bis wo die Bandbreite im Frequenzspektrum verläuft.

**Beispiel:** Das Telefonnetz stellt eine Bandbreite von 3,1 kHz für die Sprachübertragung zur Verfügung (Fernsprekkanal). Der Frequenzbereich verläuft von 300 bis 3400 Hz. Innerhalb dieses Frequenzbereichs kann ein analoges Informationssignal mit einer Bandbreite von 3,1 kHz übertragen werden. Hat das Informationssignal eine höhere Bandbreite ist das ein Problem. Dann muss das Informationssignal abgeschnitten werden. Diese Informationen fallen dann einfach weg.

In der digitalen Welt hat die Bandbreite eine etwas andere Bedeutung. Hier wird die Bandbreite nicht in kHz (Frequenz), sondern zum Beispiel in Bit pro Sekunde (Bit/s) angegeben.

**Beispiel:** Im digitalen Telefonnetz hat ein Sprach- bzw. ein Datenkanal eine Bandbreite von 64 kBit/s.

Manchmal spricht man nicht von Bandbreite, sondern von Übertragungsgeschwindigkeit. In der digitalen Welt ist das im Prinzip das gleiche.

An dieser Stelle kommen die Vorteile der digitalen Datenverarbeitung und

Datenübertragung zum Vorschein. Benötigt eine Informationen mehr Bandbreite als zur Verfügung steht, dann wird die Information nicht einfach abgeschnitten, sondern zwischengespeichert und nacheinander übertragen. Das geht bei analogen Signalen nicht.

## **Breitband**

Neben dem Begriff Bandbreite gibt es auch das sehr ähnlich klingende Wort Breitband. Breitband bezeichnet eine Bandbreite oder einen Frequenzbereich, der sehr groß, besser gesagt sehr breit ist. Im Gegensatz zu Schmalband, das sehr klein bzw. sehr schmal ist. Der Begriff Breitband fällt in der Regel immer im Zusammenhang mit digitalen Übertragungsverfahren und hohen Übertragungsgeschwindigkeiten.

## **Multiplex und Multiplexing**

Unter Multiplexing sind Verfahren zu verstehen, um mehrere Verbindungen oder Datenströme zur gleichen Zeit bzw. verschachtelt zu übertragen. Auf diese Weise werden Übertragungsstrecken und Übertragungssysteme besser ausgenutzt.

### **Unterschied: Multiplexing und Multiple Access**

Sowohl bei Multiplexing, als auch bei Multiple Access handelt es sich um Verfahren, die den gemeinsamen Zugriff oder die Nutzung eines Übertragungsmediums regeln.

Multiplexing sind Verfahren, bei denen ein Multiplexer mehrere Signale am Anfang eines Übertragungswegs bündelt und am Ende des Übertragungswegs ein Demultiplexer sie wieder auseinandertrennt.

Bei Multiple Access geht es darum, dass sich Teilnehmer das Übertragungsmedium teilen und der Zugriff darauf selbständig geregelt wird. Hierbei gibt es zwei Möglichkeiten. Entweder entscheidet eine zentrale Komponente über die Zuteilung der Zugriffsrechte oder die Teilnehmer arbeiten mit einer Kollisionserkennung, die dann wirksam wird, wenn zwei Teilnehmer gleichzeitig senden.

# **Netze und Übertragungsverfahren**

**Telefonnetz**

**Vermittlungstechnik**

**Datenübertragung**

**ISDN**

**TK-Systeme**

# Telefonnetz / Festnetz

Das Übertragungssystem für die Sprache wird als Telefonnetz oder Festnetz bezeichnet. Das Endgerät, mit dem die Sprache in elektrische Signale und auch umgekehrt gewandelt wird, wird als Telefon bezeichnet. Es gibt aber noch sehr alten Bezeichnungen, aus der Anfangszeit dieser Technik. So wurde das Telefonnetz ursprünglich als Fernmeldenetz oder Fernsprechnet bezeichnet. Das Telefon hatte die Bezeichnung Fernsprecher.

Die Bezeichnung Telefonnetz wird deshalb verwendet, weil dieses Netz in der Hauptsache für die Übertragung von Telefongesprächen entwickelt wurde und immer noch genutzt wird. Im Laufe der Zeit wurde die Übertragung von Daten immer wichtiger und die Verfügbarkeit des Telefonnetzes immer öfter dafür "missbraucht".

Neben dem Begriff Telefonnetz wird auch der Begriff Festnetz verwendet. Bei der Definition "Festnetz" ist nicht wirklich eindeutig, auf was sich das "Fest" bezieht. Mit "Fest" könnte die "fest" zugeordnete Teilnehmerkennung (Telefonnummer) zum Anschluss bzw. zur Leitung gemeint sein. Diese Eigenschaft wird in Zukunft so nicht mehr geben. Im zukünftigen Telefonnetz kann ein Teilnehmer unter einer Rufnummer an mehreren Stellen im Netz erreichbar sein.

Parallel zur Digitalisierung des Telefonnetzes wurde die Mobilfunktechnik weiterentwickelt. Dabei entstanden massentaugliche Mobilfunknetze, die in der Hauptsache für die Übertragung von Sprache verwendet wurden. Daher bezeichnet man heute das Telefonnetz eher als Festnetz, weil das Mobilfunknetz auch ein Telefonnetz ist. Um die Netze voneinander abzugrenzen, spricht man vom Festnetz und Mobilfunknetz. Die Bezeichnung Festnetz kommt also von den "fest" verlegten Leitungen, die inzwischen nicht nur für die Übertragung von Sprache, sondern auch für Daten verwendet werden.

Aufgrund der Entwicklung Nachfrage nach Datendiensten hat sich das Telefonnetz zu einem kombinierten Sprach- und Datenübertragungsnetz entwickelt.

In Deutschland gehört das Festnetz zum großen Teil der Deutschen Telekom. Vor der Liberalisierung des Telefonmarktes wurde dieses Netz von der Deutsche Bundespost betreut. Regional spielen nur ein paar andere Netzbetreiber mit eigenen Teilnehmer-Netzen eine Rolle. In der Regel

mieten Netzbetreiber die Leitungen zu den Kunden von der Deutschen Telekom.

Die Festnetztelefonie in Deutschland basiert in großen Teilen auf dem T-Net/T-ISDN der Deutschen Telekom. Vor der Liberalisierung des Telefonmarktes wurde dieses Netz von der Deutsche Bundespost betreut. Regional spielen nur ein paar andere Netzbetreiber mit eigenen Netzen eine Rolle. In der Regel mieten Netzbetreiber von der Deutschen Telekom die Leitungen, die sogenannte letzte Meile zum Kunden.

## **Begriffe und Definitionen in der Telefontechnik**

Viele Begrifflichkeiten in der Telefontechnik stammen noch aus der Anfangszeit der Telefontechnik, aus dem Zeitraum zwischen 1870 und 1890. Vor allem die USA waren Vorreiter in der technischen Entwicklung. Parallel dazu hat sich in Deutschland eine eigene Begriffswelt etabliert. Heute jonglieren wir mit vielerlei Begriffen, die hauptsächlich vom Englisch-sprachigen Raum geprägt werden, deren Wurzeln aus der Anfangszeit der Telefontechnik stammen.

### **POTS - Plain Old Telephone Service**

Mit POTS wird der einfache Telefondienst bezeichnet, der die Sprache analog über die Leitungen überträgt. Alternative wird POTS auch als abfällige Bezeichnung für das öffentliche Telefonnetz verwendet.

### **PSTN - Public Switched Telephone Network**

PSTN ist die englische Bezeichnung für das öffentliche Telefonnetz. Es ist der Überbegriff für das Telefonnetz in dem Analog- und ISDN-Anschlüsse bereitgestellt werden.

### **Local Loop oder Loop**

Der Loop ist die Leitung vom Teilnehmer zur Vermittlungsstelle. Dieser Begriff stammt noch aus einer Zeit, als die Telefonleitung exakt aus einer Ader bestand. Die Rückleitung um einen Stromkreis zu erzeugen, war die Erde. Erst später wurde doppeladrigte Leitungen verwendet. Als Leiter Kupfer zu verwenden und die Adern auch noch gegeneinander zu isolieren und zu verdrehen sorgte für eine akzeptable Sprachqualität.

## Trunks

Trunks sind die gleichen Leitungen, wie für normale Telefonanschlüsse. Doch werden sie nicht für die Verbindung vom Teilnehmer zur Vermittlungsstelle verwendet, sondern um die Vermittlungsstellen untereinander zu verbinden. Ein Trunk ist also eine Leitung, die von mehreren Teilnehmern oder Benutzern gemeinsam genutzt wird. Heute ist es die englische Bezeichnung für das "Amt" in einer Telefonanlage. Es handelt sich um die physikalischen Verbindung nach draußen.

## Long Distance

Long Distance bezeichnet Weitverkehrsverbindungen, die verschiedene Regionen miteinander verbindet.

## Letzte Meile (last mile)

Die letzte Meile ist die Kabelstrecke zwischen der Vermittlungsstelle des Netzbetreibers und dem Teilnehmeranschluss des Endkunden. Die letzte Meile wird auch als Teilnehmeranschlussleitung (TAL) bezeichnet.

## PBX - Private Branch Exchange

PBX ist die englische Bezeichnung für eine Telefonanlage (privates Vermittlungssystem).

## Anschlussdichte

$$\text{Anschlussdichte} = \frac{\text{angeschlossene Wohnungen}}{\text{anschließbare Wohnungen}}$$

Das ist das Verhältnis der angeschlossenen zu den anschließbaren Wohnungen an ein Telefonnetz.

## **Universaldienst**

Ein Universaldienst ist ein Mindestangebot an Dienste, welche bundesweit (Deutschland) für die Öffentlichkeit zu einem erschwinglichen Preis verfügbar ist.

Der Umfang des Universaldienstes hängt von der gesellschaftlichen und wirtschaftlichen, sowie technologischen Entwicklung im Land ab, und wird von einem Monopolisten oder dem Gesetzgeber definiert.

Das aktuelle Telekommunikationsgesetz sieht einen Telefonanschluss und Zugang zu einer Telefonzelle als Mindeststandard vor.

## **Versorgungsgrad**

$$\text{Versorgungsgrad} = \frac{\text{anschließbare Wohnungen}}{\text{Wohnungen insgesamt}}$$

Das ist das Verhältnis zwischen den anschließbaren Wohnungen zu den Wohnungen insgesamt.

## **Regionale Carrier**

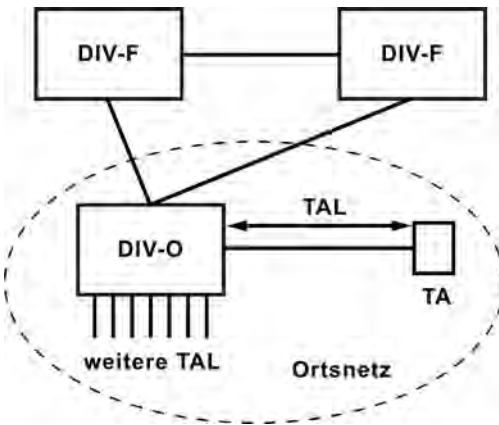
Das sind lokale Telefongesellschaften, die ihre Angebote und Leistungen nur in einer Region (Bundesland, Stadt, Einzugsgebiet) anbieten.

Diese Netzbetreiber sind meist Vollanbieter und können nicht nur günstige Orts- und auch Ferngespräche, sondern auch Telefon- und DSL-Anschlüsse anbieten.

## **Verbindungsnetzbetreiber**

Ein Verbindungsnetzbetreiber ist Netzbetreiber, der Verbindungen zwischen Teilnehmernetzen bereitstellt, aber selber kein Teilnehmernetz betreibt.

# Architektur des Festnetzes



Das Festnetz (ehemaliges Telefonnetz) ist eine Kombination aus Maschen- und Sternnetz. Es besteht aus vielen untereinander verbundenen Vermittlungsstellen und dem Kabelnetz, das die Vermittlungsstellen mit den Endgeräten der Kunden verbindet. Die übergeordneten Vermittlungsstellen sind in einem Maschen-ähnlichen Netz miteinander verbunden. An jede einzelne Vermittlungsstelle sind die Teilnehmer angeschlossen, in deren Mitte die Vermittlungsstelle als zentrale Stelle fungiert.

Das Leitungsnetz der Deutschen Telekom ist ein, auf Anwenderseite, analoges Telefonnetz. In den Vermittlungsstellen wird dann eine Analog-Digitalwandlung vorgenommen. Hier wird jedes Telefongespräch in digitaler Form, von Vermittlungsstelle zu Vermittlungsstelle bis zur Vermittlungsstelle des Empfängers übertragen. Hat der Empfänger einen analogen Anschluss, werden die digitalen Signale wieder in Analoge gewandelt und in den Anschluss des Empfängers gespeist.

Heutige Telefonnetze sind eine Kombination aus Maschen- und Sternnetz. Die übergeordneten Vermittlungsstellen sind in einem Maschen-ähnlichen Netz miteinander verbunden. An jede einzelne Vermittlungsstelle sind die Teilnehmer angeschlossen, in deren Mitte die Vermittlungsstelle als zentrale Stelle fungiert.

## **Vermittlungsstelle**

Als Vermittlungsstelle wird meistens die lokale Vermittlungsstelle (engl. local exchange / central office) oder Ortsvermittlungsstelle bezeichnet. Aufgrund der heutigen Struktur des Telefonnetzes in Deutschland unterscheidet man zwischen der digitale Ortsvermittlungsstelle (DIV-O, Digitale Vermittlungsstelle Ort) und der digitale Fernvermittlungsstelle (DIV-F, Digitale Vermittlungsstelle Fern). Wobei an der Ortsvermittlungsstelle die Teilnehmer dran hängen und an den Fernvermittlungsstellen die einzelnen Ortsvermittlungsstellen und andere Fernvermittlungsstellen.

## **TAL - Teilnehmeranschlussleitung / Letzte Meile**

Die Teilnehmeranschlussleitung (TAL) ist der Leitungsweg von der Vermittlungsstelle zur Anschlussdose beim Kunden. Dieser Leitungsweg wird auch als "letzte Meile" bezeichnet.

Weil in Deutschland die Teilnehmeranschlussleitung von der Deutschen Telekom kontrolliert wird, muss sie die Leitungen zu regulierten Sätzen an die Wettbewerber vermieten, die darüber ihren Kunden Telefon- und DSL-Anschlüsse anbieten können. Dafür muss die Deutsche Telekom die TAL auf das Netz des jeweiligen Anbieters schalten.

Die Qualität der Teilnehmeranschlussleitung (Kupferleitung) hängt von deren Leitungslänge und dem Durchmesser der Kupferadern ab. In Deutschland sind Kupferadern mit einem Durchmesser von 0,25 bis 0,8 mm, je nach Länge der Leitung verbaut. Lange Leitungen reichen bis zu 6 km. Je länger, desto dickere Kupferadern werden verwendet.

## **TA - Teilnehmeranschluss / Telefonanschluss**

Der Teilnehmeranschluss bezeichnet den Telefonanschluss, der aus einer Telefondose besteht und an dem das Telefon und andere TK-Endgeräte eingesteckt werden können.

## **Ortsnetz**

Das Ortsnetz bezeichnet die Summe aller Anschlüsse, die unter der selben Ortsnetz-kennzahl zu erreichen sind. Die Grenzen eines Ortsnetzes

orientieren sich in der Regel an den politischen Stadt- und Gemeindegrenzen.

## Telefonie / Fernsprechübertragung

Der Begriff Telefonie bezeichnet einen Kommunikationsdienst, bei dem Sprache übertragen wird. Als Endgerät dient uns dazu ein Telefon, die Tätigkeit selber bezeichnen wir als Telefonieren.

Telefonieren kann man heute auf drei Arten. Während vor ein paar Jahrzehnten noch das Festnetz (Telefonnetz) das alleinige Netz zum Telefonieren war, ist heute der Mobilfunk gesellschaftlich voll etabliert. Mit zunehmender Verbreitung von Breitband-Zugängen ist auch Voice-over-IP für viele Nutzer interessant geworden. In der Hauptsache, um damit günstiger, manchmal sogar kostenlos zu telefonieren. Genau genommen ist Voice-over-IP die Technik, die dafür sorgen wird, dass alle Netze in paketvermittelnde Netze umgebaut werden und darüber parallel zu anderen Anwendungen auch noch Sprache übertragen wird.

### Grundlagen der Fernsprechübertragung

Die Art und Weise der Übermittlung von Sprachinformationen über das Fernsprechnet wird mit dem Begriff Fernsprechübertragungstechnik bezeichnet.

Das Informationssignal, das im Ursprung von einer Schallquelle (Sprache) erzeugt wird, muss so umgewandelt werden, dass es nach der Übertragung in die ursprüngliche Schallinformation zurückgewandelt werden kann.

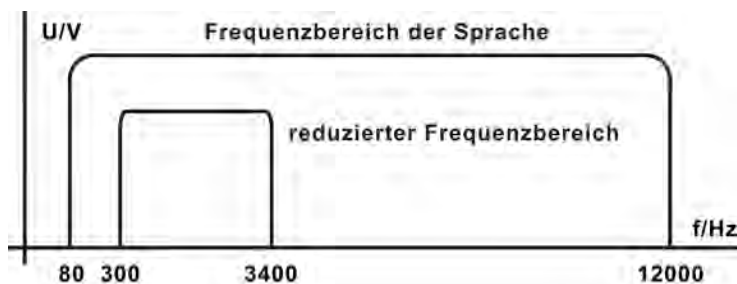


Für die Signalwandlung wird das Frequenzgemisch der Sprache in einen Sprechwechselstrom mit gleicher Frequenz gewandelt. Als Signalwandler dient ein Mikrofon. Zum Zurückwandeln des Sprechwechselstroms in die

Sprache wird ein Lautsprecher verwendet.

Während im alten analogen Telefonnetz die Signale weitestgehend unbearbeitet übertragen werden, wird in heutigen Systemen die Sprache vor der Übertragung digitalisiert. Die Digitalisierung erlaubt es eine durchgehend optimale Signal- und dadurch perfekt Sprachqualität, sowie die Komprimierung bei der Übertragung über Datennetze.

## Fernsprechkanal



Bei der Fernsprechübertragung kommt es im wesentlichen darauf an, dass der Inhalt der zu übertragenden Nachricht vom Empfänger richtig verstanden werden kann.

Die menschliche Sprache setzt sich aus einem Frequenzgemisch von ca. 80 bis 12.000 Hz, mit unterschiedlichen Amplituden, zusammen.

Bei Untersuchungen hat man herausgefunden, dass bei einem Frequenzbereich von 300...3400 Hz eine Silbenverständlichkeit von 92% und eine Satzverständlichkeit von ca. 99% erreicht werden kann. Zudem ist unser Gehirn in der Lage, fehlende oder fehlerhafte, aber in einem logischen Satzzusammenhang stehende Worte bzw. Wortsilben selbständig richtig zu ergänzen.

Der Fernsprechkanal liegt deshalb im Frequenzbereich von 300 bis 3400 Hz. Alle Fernsprechsysteme begrenzen das Frequenzspektrum von 80 bis 12.000 Hz der Sprache auf einen Frequenzbereich von 300 bis 3400 Hz.

Die Sprache benötigt also eine Bandbreite von 3,1 kHz.

Diese Festlegung ist weltweit in allen Fernsprechsystemen gültig. Nicht nur in den analogen Fernsprechnetzen, sondern auch bei ISDN und Voice-over-IP.

## Digitalisierung der Sprache

Die Digitalisierung der Sprache umfasst 3 Schritte: **Sampling**, **Quantisierung** und **Kodierung**. Die ersten Verfahren zur Digitalisierung von analogen Sprachsignalen stammt aus der Zeit des zweiten Weltkriegs. Man bezeichnet es heute als Pulse Code Modulation (PCM).

## Vermittlungstechnik

Die Vermittlungstechnik unterteilt sich in zwei Gruppen. Der öffentlichen und privaten Vermittlungstechnik.

Die öffentliche Vermittlungstechnik wird von Netzbetreibern und Providern betrieben. Das sind Kommunikationssysteme, die aus mehreren bis mehreren tausend Vermittlungsstellen besteht und an denen viele Kommunikationssysteme privater und unternehmerischer Kunden angeschlossen sind.

### Die Kommunikation im Telefonnetz besteht aus drei Phasen:

- Verbindungsaufbau
- Nachrichtenübertragung
- Verbindungsabbau

Für die Abwicklung der Kommunikation sind die Vermittlungsstellen des Telefonnetzes zuständig.

## Vermittlungstechnik

Die Vermittlungstechnik (switching technology) hat die Aufgabe in einem Kommunikationssystem einen Übertragungsweg zwischen zwei beliebigen Teilnehmern herzustellen. Mit Vermittlung ist gemeint, dass ein Übertragungsweg zwischen Sender und Empfänger in einem Kommunikationsnetzwerk vermittelt wird.

Es gibt mehrere Möglichkeiten die verschiedenen Vermittlungssysteme einzuteilen. Es gibt zum einen physikalische und elektronische Einteilungsmöglichkeiten, und auch prinzipbedingte Einteilungsmöglichkeiten.

- Leitungsvermittlung
- Paketvermittlung
- Analoge Vermittlungstechnik
- Digitale Vermittlungstechnik
- Handbediente Vermittlungstechnik
- Automatische Vermittlungstechnik
- Öffentliche Vermittlungstechnik
- Private Vermittlungstechnik

Üblicherweise unterscheidet man zwischen Leitungsvermittlung (circuit switching) und Speichervermittlung oder Paketvermittlung (store and forward).

Unabhängig von der Art der Vermittlung, für alle Vermittlungssysteme ist die Adressierung, die eindeutige Identifikation, aller Teilnehmer, die an einem Kommunikationsnetz angeschlossen sind, ein wesentlicher Bestandteil. Nur so ist es möglich, dass die Informationen an den richtigen Empfänger gelangen. "An den richtigen Empfänger" bedeutet aber auch, dass die Informationen nicht "an den falschen Empfänger" gelangen.

## **Leitungsvermittlung**

Die Leitungsvermittlung (circuit switching) stellt zwischen den Teilnehmern eine physikalische Verbindung über mehrere Vermittlungsstationen für die Dauer der Übertragung her. Der Dienst bzw. die Anwendung fordert vom Kommunikationssystem eine Leitung an und übergibt die Zieladresse. Das Kommunikationssystem stellt dann über eine oder mehrere Vermittlungsstellen eine feste Verbindung her. Das Vermittlungssystem garantiert während der Dauer der Verbindung einen ständigen Kontakt und eine feste Bandbreite. Die Verzögerungszeiten sind äußerst gering. Meistens ist auch die Bandbreite gering.

Die Leitungsvermittlung eignet sich für Echtzeitanwendungen, wie die Übertragung von Sprache und Video.

## **Paketvermittlung**

Bei der Paketvermittlung bzw. Speichervermittlung werden die Daten oder Informationen in Pakete aufgeteilt. Der Dienst bzw. die Anwendung übergibt die einzelnen Pakete an das Kommunikationssystem und versieht sie mit der Zieladresse und weiteren Vermittlungsinformationen. Das

Kommunikationssystem vermittelt die Datenpakete vom Sender zum Empfänger. Die Pakete können dabei durchaus unterschiedliche Wege zu ihrem Ziel nehmen. Beim Empfänger werden die Datenpakete dann wieder zusammengesetzt.

Die Paketvermittlung stellt virtuelle Verbindungen her, die unter teilweise langen und schwankenden Verzögerungszeiten leiden. Aufgrund der unterschiedlichen Wege durch das Kommunikationsnetz lässt sich eine gleichbleibende Dienstegüte nicht immer garantieren. Dafür sind bei Bedarf hohe Bandbreiten möglich.

Diese Vermittlungstechnik eignet sich für zeitunkritische Übertragungen.

## **Speichervermittlung**

Eine Besonderheit der Speichervermittlung (store and forward) ist, die Speicherung der Daten in der Vermittlungsstelle, bis eine Weiterleitung möglich ist oder eine Anforderung der Daten ausgelöst wird.

## **Leitungsvermittlung oder Paketvermittlung?**

Der Hauptunterschied zwischen beiden Vermittlungstechnik besteht darin, dass die Leitungsvermittlung eine feste Bandbreite oder Übertragungsgeschwindigkeit garantieren kann, während bei der Paketvermittlung die Bandbreite bedarfsorientiert angefordert wird. Wegen der steigenden Bedeutung für die Übertragung von Daten und den damit verbundenen Bandbreitenbedarf, ist es nicht effizient jedem Netzteilnehmer jederzeit die gleiche Geschwindigkeit und Verfügbarkeit des Netzes zu garantieren. Aus diesem Grund setzt man generell auf Paketvermittlung und bietet unterschiedliche Güteklassen in mehreren Tarifen an.

## **Wahlverfahren (IWV / MFV / DEV)**

Wahlverfahren sind Signalisierungsverfahren, die in einem Telefonnetz die Wahlinformation, in der Regel die Telefonnummer, an das Vermittlungssystem übermittelt. Das Vermittlungssystem stellt dann die Verbindung zum Anschluss der übermittelten Rufnummer her.

Für analoge Telefonanschlüsse gibt es drei verschiedene Wahlverfahren. Sie sind durchgehend analog. Digitale Wahlverfahren gibt es nicht. Die Übermittlung der Wahlinformation wird nicht in analog oder digital

unterteilt. Der Begriff "Analoge Wahlverfahren" bezieht sich darauf, dass diese Wahlverfahren im analogen Telefonnetz verwendet werden.

## **IWV - Impulswahlverfahren**

Das einfachste Wahlverfahren ist das Impulswahlverfahren. Alle alten Telefone, die eine Wählscheibe haben, arbeiten mit dem Impulswahlverfahren. Die Wählscheibe im Telefon enthält eine Wählschaltung, die beim Wählen Unterbrechungen in der a-Ader des Telefonanschlusses erzeugt. Je nach gewählter Ziffer wird eine entsprechende Anzahl von Unterbrechungen erzeugt. Die Vermittlungsstelle schließt von der Anzahl der Unterbrechungen auf die gewählte Ziffer.

Das Impulswahlverfahren ist veraltet. Telefone, die nur noch dieses Wahlverfahren verwenden können teilweise nicht mehr verwendet werden. Grundsätzlich empfiehlt es sich Telefone, die IWV und MFV beherrschen, auf MFV einzustellen.

## **MFV - Mehrfrequenzwahlverfahren**

Die internationale Bezeichnung von MFV ist DTMF (Dual Tone Multifrequency). In der Fachsprache spricht man auch vom Frequenzwahlverfahren.

Das MFV überträgt für jede Ziffer ein Gemisch aus zwei Frequenzen. In der Vermittlungsstelle werden die Frequenzen herausgefiltert und wie Koordinaten ausgewertet. Hinter einer Koordinate steckt dann eine bestimmte Ziffer oder Funktion.

Heute sind alle analogen Telefone für das Mehrfrequenzwahlverfahren ausgelegt. Damit eignen sie sich sowohl zum Anschluss an das analoge Telefonnetz und Telefonanlagen.

## **DEV - Diodenerdwahlverfahren**

Das DEV wurde nur in älteren Nebenstellenanlagen eingesetzt. Im öffentlichen Telefonnetz wurde es nie verwendet. Aus diesem Grund ist es nie richtig bekannt geworden.

Die technischen Unzulänglichkeiten dieses Wahlverfahrens verhinderte eine weite Verbreitung. Das Diodenerdwahlverfahren eignet sich nicht für lange

Anschlussleitungen und Systeme mit gleichstromblockierenden Schaltkreisen (Reihenkondensatoren, Übertrager).

## Signalisierung

In einem leitungsvermittelnden Netz spricht man von Signalisierung, wenn ein Teilnehmer zu einem anderen Teilnehmer eine Verbindung aufbauen möchte. Ohne Signalisierung können keine Verbindungen auf- und abgebaut werden. Dazu wird die Telefonnummer des Zerteilnehmers an das Vermittlungssystem übergeben. Daraufhin wird dem Zerteilnehmer der Verbindungswunsch signalisiert. Er hat dann die Möglichkeit den Verbindungswunsch anzunehmen. In einem Telefonnetz wird das durch Abheben des Hörers gemacht.

Die Signalisierung von Verbindungswünschen erfordert eine hohe Performance. Im Betrieb darf keine spürbare Zeitverzögerung oder gar Datenverlust auftreten. Die klassischen Telefonnetze sind auf diese Anforderungen optimal eingestellt.

In einem paketvermittelndem Netz spricht man von der Adressierung von Datenpaketen, damit das Vermittlungssystem das Datenpaket dem Empfänger zustellen kann. Es ist vergleichbar mit dem Brief- und Paket-Versand in der Logistik.

Die Adresse ist vergleichbar mit der Telefonnummer in einem Telefonnetz. Jeder Computer, der an das Internet oder nur an ein lokales Netzwerk angeschlossen ist, hat eine eigene Adresse. Daran kann er identifiziert werden. Damit ist gewährleistet, dass er Daten senden und empfangen kann.

Telefonnummer			
Vorwahl		Teilnehmernummer	
Landesvorwahl Landeskennzahl	Ortsvorwahl Ortskennzahl	Anlagennummer	Durchwahl
+49	7141	99142	11

# **Funktechnik und Mobilfunk**

**Funktechnik**

**Mobilfunk**

**GSM/GPRS**

**UMTS/HSPA**

**Location Based Services**

**WiMAX**

**Schnurlose Telefonie**

**Bluetooth**

# Funktechnik

Es gibt kaum einen Bereich, wo wir auf die Übertragung von Sprache und Daten über die Luft verzichten können. Egal ob Fernsehen, Radio, Telefon oder sogar Netzwerk, überall ist die Funktechnik Bestandteil unseres Lebens.

Was uns so alltäglich erscheint ist mit verschiedenen physikalischen Effekten und hochkomplizierter und empfindlicher Technik verbunden. Die physikalischen Hintergründe werden im folgenden beleuchtet und verständlich erklärt.

## Was ist Funktechnik?

Heinrich Hertz ist deshalb bekannt, weil sein Name als Einheit Hertz, kurz Hz, der Frequenz  $f$  gewidmet ist. Doch viel wichtiger ist, Heinrich Hertz hat als erster demonstriert, wie elektrische und magnetische Felder zur Übertragung von Nachrichten genutzt werden können. Damals, 1886, gab es noch keine Elektronenröhren oder Transistoren. Deshalb wurde mittels einer Funkenstrecke das Sendesignal erzeugt. Hieraus ergibt sich auch die Bezeichnung Funk. Erst später fand man heraus, dass mit langen Drähten die Reichweite der Signale gesteigert werden kann. Die Funkenstrecke starb aus, die Antenne war geboren, der Name Funk blieb.

## Wie entstehen die Funkwellen?

Funkwellen entstehen nicht von selbst. Zur Erzeugung von Funkwellen ist ein Schwingungserzeuger notwendig. Das kann ein Oszillator sein, der die sogenannte Grund- oder Trägerwelle erzeugt. In der Elektronik spricht man dann in der Regel nicht von Wellen. Es handelt sich dabei um einen physikalischen Effekt. Funkwellen sind Frequenzen. Der Oszillator erzeugt ein Wechsellspannungssignal mit einer bestimmten Frequenz. Erst ab 16.000 Schwingungen in der Sekunde (Frequenz) neigen Signale dazu in den freien Raum abzustrahlen. Der Wellenwiderstand  $Z$  des freien Raumes (377 Ohm) ist dann geringer als der Wellenwiderstand der Antenne bzw. der Leitung. Dem elektromagnetischen Feld ist es dabei nicht mehr möglich in den Leiter zurück zu kehren (Weg des geringsten Widerstands). Dadurch strahlt das elektromagnetische Feld von der Antenne ab.

## Was hat es mit der Trägerfrequenz auf sich?

Die Trägerfrequenz, die vom Oszillator erzeugt wird, ist eine Elektromagnetische Welle, die nicht hörbar ist. Die Trägerfrequenz  $f_T$  alleine ist noch keine Information. Diese muss in Form einer anderen Frequenz auf die Trägerfrequenz im Huckepackverfahren aufgesetzt werden. Erst dann können unterschiedliche Zustände in codierter Form übertragen werden. Dieses Verfahren nennt sich Modulation. Die bekanntesten Modulationsverfahren sind die Amplitudenmodulation (AM), die Phasenmodulation (PM) und die Frequenzmodulation (FM), die bei der Übertragung unserer Radiosender (UKW) verwendet wird.

## Wie war das noch mal mit Schwingung und Frequenz?

Die Anzahl der Schwingungen, also Funkwellen, pro Sekunde werden in Frequenz ( $f$ ) mit der Einheit Hertz (Hz) angegeben.

$$f = \frac{1}{T} \quad \text{in Hz} \qquad T = \frac{1}{f} \quad \text{in Sek.}$$

Beispiel: 16.000 Schwingungen in der Sekunde sind 16.000 Hz oder 16 kHz.

## Wie weit reicht ein gesendetes Signal?

Die Reichweite eines Signals ist abhängig von der Wellenlänge einer Frequenz und von der Signalstärke. Die Signalstärke wird bestimmt durch die Sendeleistung. Die Wellenlänge  $l$  wird in Meter angegeben. Dafür gilt folgende Formel:

$$\text{Wellenlänge } l = \frac{\text{Lichtgeschwindigkeit } c}{\text{Frequenz } f}$$

Die Lichtgeschwindigkeit ist ein Konstante. Der Wert beträgt 300.000.000 m/s (Meter pro Sekunde) oder 300.000 km/s (Kilometer pro Sekunde).  
Beispiel:

$$l = \frac{c}{f} = \frac{300.000.000 \text{ m/s}}{468.700.000 \text{ Hz}} = 0,64 \text{ m}$$

Man spricht dann auch vom 70-cm-Band.

Durch die oben genannte Formel ergeben sich unterschiedliche Wellenlängen aus den Frequenzen. Geht man davon aus, dass die Sendeleistung konstant ist, so bestimmt die Wellenlänge die Reichweite. D. h., bei konstanter Sendeleistung nimmt die Reichweite des Senders proportional zur Wellenlänge ab. Halbiert man die Wellenlänge, nimmt die Reichweite drastisch ab. Je höher eine Frequenz, desto geringer die Reichweite.

### **Kann ein Signal einfach so auf einer Frequenz gesendet werden?**

Nein, das geht nicht. Damit kein Frequenz-Chaos entsteht, sind Frequenzen bzw. Frequenzbereiche einer Anwendung zugeteilt. Z. B. für Radio, Fernsehen, Amateurfunk, CB-Funk, Flugfunk, Schiffsfunk, Taxi, Polizei, Feuerwehr, Mobilfunk, etc. Die Funktechnik ist sehr weit fortgeschritten. So weit, dass sogar für lokale Netzwerke der freie Raum als Übertragungsmedium genutzt wird. Und weil das Übertragungsmedium praktisch kostenfrei zu Verfügung steht, wird es auch gerne und viel genutzt. Die Dichte der Funksysteme ist so hoch, dass der störungsfreie Betrieb nur durch gesetzlich vorgeschriebene Abstände zwischen den Frequenzbereichen möglich ist. Die Bundesnetzagentur (BNETZA) überwacht die Frequenzen und geht Störungen nach und deckt Störer auf.

## **Funktechnik - Grundbegriffe**

### **Polarisation**

Die Polarisation ist die Richtung, in der sich die Schwingungen des elektrischen Feldes ausbreiten. Man unterscheidet zwischen vertikaler und horizontaler Polarisation. Bei der vertikalen Polarisation schwingt die Welle von oben nach unten. Bei der horizontalen Polarisation schwingt die Welle von links nach rechts. Die Richtung der Polarisation ist durch die Richtung der elektrischen Feldlinien vorgegeben.

## **Richtcharakteristik**

Die Richtcharakteristik wird auch als Abstrahlcharakteristik bezeichnet. Dabei wird die Eigenschaft der Antenne dargestellt, wohin sich die Wellen ausbreiten. Meist wählt man einen Schnitt durch das horizontale oder vertikale Strahlungsdiagramm. Bei der vertikalen Polarisation spricht man von der magnetischen Feldkomponente (H-Ebene). Bei der horizontalen Polarisation spricht man von der elektrischen Feldkomponente (E-Ebene). Bei komplexen Antennen mit vertikaler und horizontaler Polarisation wählt man eine räumliche Darstellung

## **Reflexionen / Reflektionen**

Funksignale, die auf Hindernisse treffen und von dort in eine andere Richtung abgelenkt werden, nennt man Reflektionen. Sie führen dazu, dass ein Funksignal auf mehreren Wegen zum Empfänger gelangen. Es gibt durchaus Funkewendungen, wo Reflektionen erwünscht sind. Z. B. um die Reichweite eines Funksignals gezielt zu erhöhen.

Im Regelfall sind Reflektionen unerwünscht und machen vor allem die Funkübertragung von Daten schwer umsetzbar und kompliziert.

Bei Reflektionen spricht man auch von Funkechos, die als abgeschwächtes Signal mehrfach beim Empfänger ankommen.

## **Interferenz**

Reflektionen sind vor allem dann ein Problem, wenn zwischen dem Hauptsignal und einem Echo eine halbe Wellenlänge Laufzeitunterschied liegt. Dabei löschen sich die Funkwellen aus. Das nennt man Interferenz.

## **Antennen**

Eine Antenne ist ein Wandler für eine elektromagnetische Welle zwischen einer Leitung und dem freien Raum. Antennen empfangen elektromagnetische Wellen und senden bzw. strahlen sie ab.

Angeschlossen wird die Antenne wie ein Zweipol. Der Prinzipaufbau ist aber ein Vierpol, wobei zwei Pole keine feste physikalische Verbindung haben. Stattdessen befinden sie sich im freien Raum.



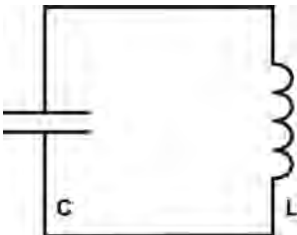
Die Seite, die sich im freien Raum befindet steht unter starkem Einfluss ihres Umfeldes, das auf die Antenneneigenschaften einwirken kann. Im Prinzip ist jeder Draht eine Antenne oder kann leicht modifiziert dazu verwendet werden. Das ist deshalb einleuchtend, weil jede Antenne aus Metall besteht.

### Wie funktioniert eine Antenne?

Die Antenne ist der wichtigste Bestandteil einer Funkverbindung. Sie ist die Schnittstelle zwischen dem Sender bzw. Empfänger und dem Übertragungsmedium, dem freien Raum, der als Ausbreitungsmedium bezeichnet wird. Die Antenne hat die Aufgabe das Hochfrequenzsignal als elektromagnetische Welle in die Umgebung auszukoppeln bzw. einzukoppeln.

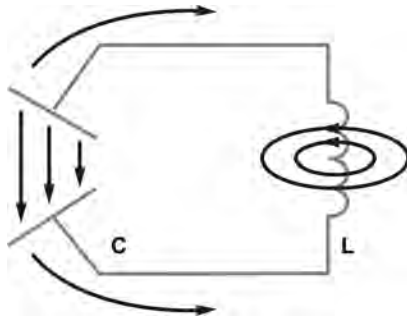
### Eine Antenne ist ein offener Schwingkreis.

Wegen dieser gewagten Behauptung und auf Rücksicht vor unwissenden Lesern will ich einen Schritt zurück gehen und mich vom Schwingkreis zur Antenne vorarbeiten. Weil es hier um die Antenne und nicht um den Schwingkreis geht, gibt es nur eine kurze Einführung in den Schwingkreis.

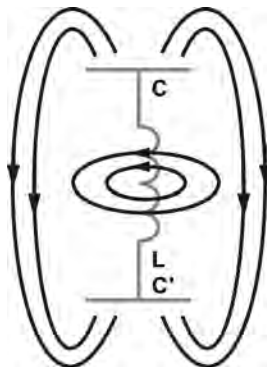


Jeder Schwingkreis hat einen induktiven und einen kapazitiven Anteil, der sich als elektrische Bauelemente Kondensator C und Spule L bemerkbar macht. Im Schwingkreis wandert die Energie vom Kondensator in die Spule und wieder zurück. Dabei entsteht im Kondensator ein elektrisches,

in der Spule ein magnetisches Feld. Die Felder wechseln sich periodisch ab.

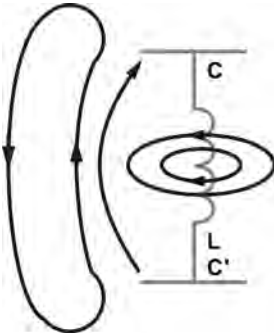


Aufgrund des geringen Kondensator-Plattenabstandes ist die Außenwirkung des elektrischen Feldes gering. Im Gegenteil, das elektrische Feld befindet sich innerhalb des Kondensators. Wird der Plattenabstand vergrößert, wird auch das elektrische Feld nach außen wirksam.



Öffnet man den Schwingkreis auf einen gestreckten Leiter, so hat man einen offenen Schwingkreis. Wie der geschlossene Schwingkreis hat auch der offene Schwingkreis eine Eigenresonanzfrequenz, mit der das elektrische und das magnetische Feld wechselt.

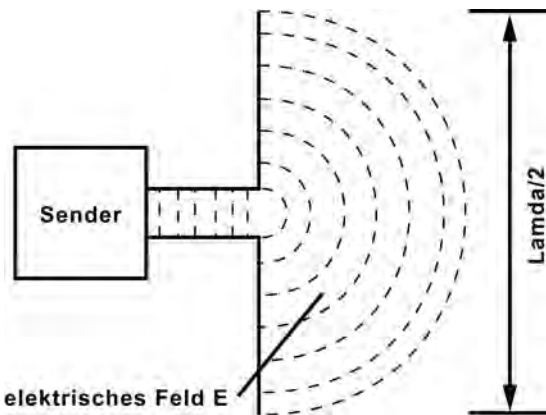
Führt man in der Mitte des Leiters Energie zu, so erhält man die einfachste Antenne, den Dipol.



Wird der Kondensator C-C' von einer Signalquelle aufgeladen, entsteht ein elektrisches Feld. Wenn die Ladung beendet ist, verteilt sich die Energie des elektrischen Feldes in seiner Umgebung. Ändert sich die Stromrichtung der Signalquelle, wandert ein Teil der Energie wieder in die Signalquelle zurück. Diese Energie wird in der Induktivität (Spule) gespeichert. Der andere Teil der Energie wird zur magnetischen Feldenergie, die durch den Entladestrom durch den Leiter aufgebaut wird. Dieser Teil wird abgestrahlt.

Während einer Periode strahlt die Antenne abwechselnd elektrische und magnetische Energie ab. Den Vorgang, bei dem die Richtung der Felder periodisch wechseln nennt man Wellenvorgang.

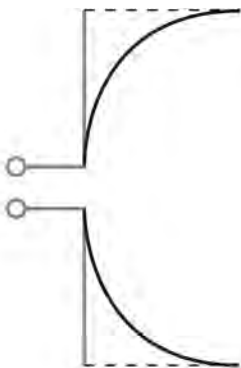
## Der Dipol



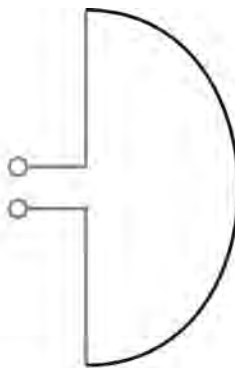
Die einfachste Antenne, der Dipol, besteht aus zwei Drähten. Häufig findet man diese Art der Antenne bei UKW-Tunern als Wurfantenne. Durch den

118

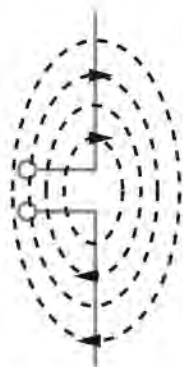
ungeschirmten Draht fließt Strom. Dabei entsteht ein Magnetfeld. An den Spitzen der Drähte bauen sich Ladungen auf und erzeugen ein elektrisches Feld. Magnetisches und elektrisches Feld strahlen abwechselnd in den freien Raum.



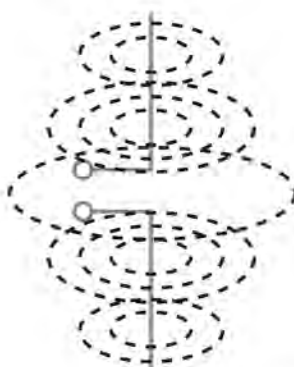
**Spannungsverteilung U**



**Stromverteilung I**



**Elektrisches Feld E**



**Magnetisches Feld H**

Der Dipol ist Teil fast jeder Antenne. Genau genommen handelt es sich um den  $\lambda/2$ -Dipol. Das elektrische Feld (E) wird durch die Spannung U, das magnetische Feld H wird durch den Strom I erzeugt. Die Verteilung der Amplituden des elektrischen und magnetischen Feldes, entsprechend der Spannungs- und Stromverteilung auf den Dipol.

## **Welche Probleme gibt es mit Antennen?**

Viele Antennen sind sehr empfindlich. Dazu gehören auch die Anschlussstecker und Kabelzuführungen. Hohe Frequenzen erfordern hohe Fertigungspräzision bei der Antenne und deren Komponenten. Für gute Übertragungseigenschaften ist deshalb ein sorgsamer Umgang mit Antennen notwendig. Lüsterklemmen, kalte Lötstellen und Ähnliches haben auf dem Weg von Antenne zum Verstärker bzw. umgekehrt nichts verloren.

## **Funknetze / Funksysteme**

### **Basisstation**

Eine Basisstation ist eine technische Einrichtung innerhalb eines Funknetzes oder Funksystems. Die Basisstation ist der Übergang von einer leitungsgebundenen Übertragungstechnik zu der Funkübertragungstechnik. Von dort aus werden die Daten über die Luft zum Endgerät des Funkteilnehmers übertragen.

### **Funkzelle**

In der Funktechnik definiert die Funkzelle den räumlichen Bereich innerhalb der die Basisstation die Funkteilnehmer versorgen kann. Innerhalb der Funkzelle steht die Basisstation meist in der Mitte oder, die Basisstation leuchtet eine bestimmte Richtung aus. Am Rand der Funkzelle wird die Übertragungsqualität immer schlechter. Deshalb überschneiden sich in Funknetzen die Bereiche der einzelnen Funkzellen immer ein wenig.

In einem Bereich mit vielen Endgeräten pro Basisstation muss die Versorgung aller Endgeräte gesichert sein. Durch gezielte Größenauslegung einer Funkzelle lässt sich einer Überlastung durch zu viele Endgeräte entgegenwirken. In der Regel erhöht man die Dichte der Basisstation bzw. Funkzellen und schränkt deren Versorgungsbereich z. B. durch Signalstärke, Funkrichtung und Frequenznutzung ein.

Funktechnik eignet sich grundsätzlich hervorragend dazu, um ländliche Gebiete mit einem Breitband-Zugang auszustatten. Obwohl gerade Kunden in ländlichen Gebieten vom Zugang über Funk profitieren würden, lohnt sich der Ausbau in eine Funknetz vor allem dort, wo die potentiellen

Kunden dichter beieinander liegen. Zum Beispiel in großen Städten. Hier lohnen sich die Investitionen der Netzbetreiber schneller, als in ländlichen Gebieten.

## **Netzabdeckung und Versorgungsbereich**

Die Netzabdeckung gibt an, wie viel Prozent der Gesamtbevölkerung eines Landes das Mobilfunknetz nutzen könnte.

Häufig wird die Netzabdeckung mit der geografischen Reichweite eines Funknetzes verwechselt. Die Fläche, die durch alle Basisstationen versorgt wird, wird als Versorgungsbereich bezeichnet. Beim Empfang von Funksignalen innerhalb von Gebäuden spricht man von der Inhouse- oder Inhaus-Versorgung.

Funk-Endgeräte können nur Verbindungen herstellen, wenn sie eine Funkverbindung zu einer naheliegenden Basisstation aufbauen können. Die Stärke von Funksignalen (elektromagnetischen Wellen) werden durch Metall, Betondecken und -wände reduziert. In Gebäuden ist deshalb der Empfang von Funksignalen der Funknetze schwächer. Je höher im Frequenzbereich, desto stärker reduzieren sich die Funksignale in Gebäuden. Jedes Hindernis, vor allem metallhaltige Materialien, verhindert die Ausbreitung der Funksignale. Während in Gebäuden der Empfang noch gut ist, kann der Empfang unter Tage, z. B. in Kellern und Tiefgaragen absolut miserabel oder unmöglich sein.

## **Frequenzspektrum**

Das Frequenzspektrum ist in verschieden große Bereiche eingeteilt. Man spricht auch von Funkbändern. Diese Funkbänder haben eine bestimmte Größe, besser gesagt Breite. Man spricht deshalb auch von der Breite des Bandes, besser ausgedrückt als Bandbreite. Das ist die Anzahl der zur Verfügung stehenden Frequenzen.

Bei der Einteilung des Frequenzspektrums unterscheidet man zwischen lizenzierten und lizenzfreien Frequenzbändern. Lizenzierte (licensed) Frequenzbänder ermöglichen eine bessere Übertragungsqualität durch feste Nutzerzuteilung und einen besseren Investitionsschutz. Die Markteintrittsbarrieren sind deutlich höher, weil Lizenzen Kosten verursachen und Bedingungen an die Lizenzvergabe geknüpft sind.

Lizenzfreie (licence exempt) Frequenzbänder ermöglichen eine schnelle Markteinführung und geringe Kosten.

## Funk-Frequenzbänder

Die ersten Funktechniken blockierten einen großen Teil des Frequenzspektrums. Deshalb konnte immer nur ein Sender senden. Die anderen mussten warten. Mit der Einführung der Röhren wurde es erstmals möglich mit schmalbandigen Oszillatoren genau definierte Frequenzen zu erzeugen oder zu empfangen. Das gleiche Prinzip kommt auch heute noch zur Anwendung, wenn wir am Radio den gewünschten Radiosender (Frequenz) einstellen. Die Koexistenz mehrerer Funkssysteme funktioniert also nur dann, wenn alle sich exakt an die Wellenpläne halten und nur auf der Frequenz oder in dem Frequenzband senden, das ihnen zugewiesen ist. Die Bezeichnungen stammen noch aus der Zeit des Zweiten Weltkriegs.

Bezeichnung	Frequenz
VHF-Band	0,1 - 0,3 GHz
UHF-Band	0,3 - 1,0 GHz
L-Band	1 - 2 GHz
S-Band	2 - 4 GHz
C-Band	4 - 8 GHz
X-Band	8 - 12 GHz
Ku-Band	12 - 18 GHz
K-Band	18 - 24 GHz
Ka-Band	24 - 40 GHz
mm-Band	40 - 100 GHz

## Nutzung der Bandbreite

Ein Funknetz ist ein "Shared Medium". Das bedeutet, dass sich alle Teilnehmer, die auf das Medium zugreifen, die Luft als Übertragungsstrecke teilen müssen. Funkssysteme sorgen dafür, dass die verfügbare Bandbreite dynamisch unter den Benutzern aufgeteilt wird. Dazu greift man üblicherweise auf zwei verschiedene Verfahren zurück.

Entweder dürfen die Teilnehmer die volle Bandbreite abwechselnd nutzen oder die gesamte Bandbreite wird aufgeteilt und jeder Teilnehmer darf ein Stück davon nutzen. Die Bandbreite ist also variabel und fällt auch im Optimalfall geringer aus als bei den kabelgebundenen Netzen.

In einem WLAN nach IEEE 802.11 bekommt jeder Teilnehmer für eine bestimmte Zeit die volle Bandbreite zur Verfügung gestellt. Alle anderen Teilnehmer müssen dann warten. Nach einer bestimmten Zeit wird die Freigabe entzogen und ein anderer Teilnehmer ist dann an der Reihe. Dabei wird nach dem Motto verfahren, wer zuerst kommt, der malt zuerst. In der Regel ist die Bandbreite hoch genug und der Ablauf schnell genug, damit keine merkliche Verzögerung auftritt.

In einem Mobilfunknetz sieht die Sache dann schon wieder ganz anders aus. Hier bekommt kein Teilnehmer die komplette Bandbreite zur Verfügung gestellt, sondern nur einen kleinen Teilbereich. Die verfügbare Bandbreite wird in Kanäle aufgeteilt. Davon ist der größte Teil für Sprachverbindungen reserviert. Der Rest wird für Datenverbindungen zur Verfügung gestellt. Die Sprachverbindungen werden bevorzugt behandelt, weil das Mobilfunknetz für die Sprachübertragung und deren Hochverfügbarkeit optimiert ist. Datenübertragung ist eigentlich nur eine Nebenbei-Funktion, die aber immer wichtiger wird. Trotzdem stehen nur dann Datenkanäle zur Verfügung, wenn die Bandbreite einer Mobilfunkzelle durch Sprachverbindungen nicht vollständig ausgelastet ist. Die Netzbetreiber planen die Mobilfunkzellen so, dass ein solches Szenario im Regelfall nicht vorkommen wird. Insbesondere an Orten, wo es zu einer hohen Konzentration von Menschen kommen kann, sind immer genug Reserven vorhanden. Ein Netzbetreiber kann es sich kaum erlauben eine voll ausgelastete Funkzelle zu haben. Der Image- und Umsatzverlust wäre die Folge.

## **Abhängigkeit von Übertragungsgeschwindigkeit und Entfernung zur Basisstation**

Der Abstand der Teilnehmer zur Basisstation in einer Funkzelle hat erheblichen Einfluss auf die zur Verfügung stehende Übertragungsgeschwindigkeit. Je näher sich ein Teilnehmer zur Basisstation befindet, desto höher ist die Übertragungsgeschwindigkeit des Teilnehmers. Dieses Prinzip gilt für jedes Funknetz. Dahinter verbirgt sich der Effekt, dass mit zunehmendem Abstand zur Basisstation die Funksignale schwächer werden. Zum einen wird die Signalstärke geringer, zum anderen verformt sich das Signal bis zur Unkenntlichkeit. Dem

gleichen Problem unterliegen die Signale auf einem Kabel. Weil sich die Umgebungsbedingungen auf einem Kabel wegen der Ortsfestigkeit kaum ändern, lassen sich für ein Kabel mit einer bestimmten Beschaffenheit und Länge eine Bandbreite und damit eine Übertragungsgeschwindigkeit definieren, die in der Praxis nur geringfügig unterschritten wird. Auf dem Übertragungsmedium Luft kommt es dagegen ständig zu unvorhersehbaren Veränderungen.

## **Grundlagen Mobilfunk**

### **Historische Entwicklungen in der Physik**

Die drahtlose Kommunikation zwischen zwei entfernten Punkten, also das was wir heute Mobilfunk oder mobile Kommunikation nennen, begann im Jahr 1879 mit der Vorführung des Phänomens der elektromagnetischen Wellen durch David Edward Hughes an der Akademie der Naturwissenschaften. Ein paar Jahre später reproduzierte der Physiker Heinrich Rudolf Hertz die Maxwell'sche Theorie und damit die Beobachtungen von David Edward Hughes: Ein Oszillator erzeugte einen Funken, der in einem Empfänger in der Nähe wiederum eine Spannung erzeugte.

Aus diesem physikalischen Phänomen heraus entstand auch der heutige Name der Funktechnik, obwohl heute von keinem Mobilfunkgerät Funken erzeugt werden.

Im Jahr 1897 entwickelte Guglielmo Marconi das erste brauchbare System zur drahtlosen telegrafischen Übertragung (Morsen). Schon 1901 gelang es Guglielmo Marconi die ersten Signale über den Atlantik zu übertragen. Ab dem damaligen Zeitpunkt wurden die ersten kommerziellen Funkgeräte für Militär und Schifffahrt gebaut und genutzt. 1910 erfand Robert von Lieben die erste Elektronenröhre mit Verstärkerwirkung, die zu kleineren und leichteren Geräten ohne funkenbildende Sender führte. 1935 gab es bereits das erste Autotelefon. Das Sende- und Empfangsgerät wurde damals im Kofferraum des Autos montiert und füllte diesen Platz vollständig aus.

### **Generationen von Mobilfunksystemen**

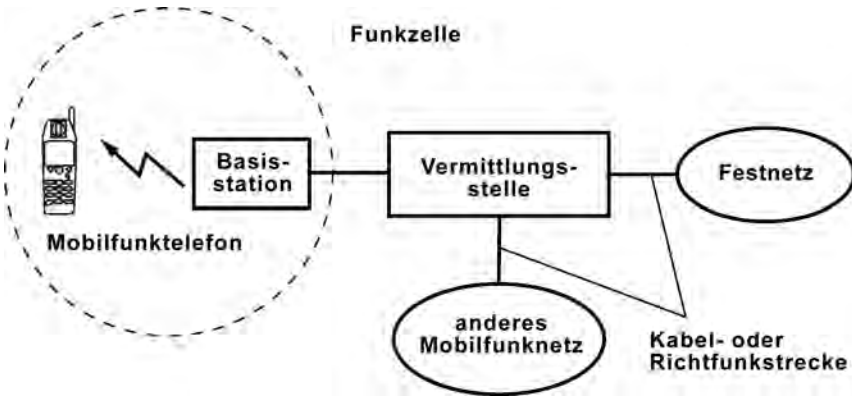
Mobilfunksysteme der 1. Generation (1G) sind das A-, B- und das C-450 des C-Netzes gewesen. Alle drei Netze haben die analoge Sprachübertragung auf der Funkschnittstelle zwischen Mobilfunktelefon

und Basisstation gemeinsam. Mit GSM wurde erstmals ein digitales Übertragungsverfahren für die Sprachübertragung verwendet. Damit wurde die Kapazität der Funkschnittstelle besser ausgelastet. GSM entspricht deshalb einem Mobilfunksystem der 2. Generation (2G). Auf dem Weg zum Mobilfunksystem der 3. Generation (3G) wurde für die Datenübertragung HSCSD und GPRS eingeführt, die auch unter 2.5G eingeordnet werden, als ein Zwischenschritt zwischen GSM (2G) und UMTS (3G). In vielerlei Dokumentation wird EDGE bereits zur 3. Generation gesehen, wenn auch dieser Datendienst in Verbindung mit GSM nicht an UMTS heranreicht. Eher wäre EDGE unter 2.75G einzuordnen. Hauptbestandteil von Mobilfunksystemen der 3. Generation (3G) sind Datendienste, wie z. B. Videotelefonie und der mobile breitbandige Internet-Zugang.

Bereits die 4. Generation (4G) von Mobilfunksystemen steht vor der Tür. Mit WiMAX und LTE sollen noch schnellere Übertragungsraten möglich sein. Doch davor kommt noch ein Zwischenschritt mit 3.5G. Dazu gehört HSDPA und HSUPA.

<b>Generation</b>	<b>Technik</b>	<b>Übertragung</b>	<b>Bandbreite</b>
1G	AMPS	analog, leitungsvermittelt	-
2G	GSM	digital, leitungsvermittelt	9,6 kBit/s
2.5G	HSCSD	digital, leitungsvermittelt	57,6 kBit/s
	GPRS	digital, paketvermittelt	115 kBit/s
2.75G	EDGE	digital, paketvermittelt	384 kBit/s
3G	UMTS	digital, paketvermittelt	217,6 kBit/s
3.5G	HSDPA	digital, paketvermittelt	7,2 MBit/s
4G	WiMAX	digital, paketvermittelt	20 MBit/s
	LTE	digital, paketvermittelt	100 MBit/s

## Mobilfunknetze



Egal welches Mobilfunksystem, alle bestehen aus einigen elementaren Bestandteilen, die alle Systeme gemeinsam haben. Zum einen das Mobilfunktelefon und die Basisstation. In den meisten Fällen ist dieser kleine Teil der Übertragungsstrecke zwischen Mobilfunktelefon und die Basisstation die einzige Funkübertragungsstrecke. Der Rest der Übertragungsstrecke sind normale Leitungen. Nur in ganz entlegenen Gebieten, wo weit und breit keine Kabel liegen oder deren Nutzung zu teuer ist, werden die Gespräche über Richtfunk übertragen. Im Prinzip ist ein Mobilfunktelefon ein schnurloses Telefon, dessen Basisstation sich nicht in unmittelbarer Nähe befindet, sondern einige Kilometer weiter weg.

### Mobilfunkzellen - Struktur der Mobilfunknetze

Ein Mobilfunknetz ist in Zellen aufgeteilt. Der Durchmesser einer Zelle beträgt mehrere Kilometer. In jeder dieser Zellen hat der Mobilfunknetzbetreiber eine oder mehrere Basisstationen aufgebaut. Bewegt sich ein Handy-Nutzer durch das Mobilfunknetz, dann bewegt er sich durch viele solcher Zellen. Manchmal kommt es vor, dass er sich in einen Bereich einer Zelle bewegt, der sehr schlecht oder gar nicht mit Funkwellen von der Basisstation erreicht wird. Er befindet sich dann in einem Funkloch. Diese Funklöcher kommen sehr häufig vor. Was man in der Regel nicht merkt. Meistens sind diese Funklöcher ganz klein. Manche überziehen ganze Landstriche.

# Breitbandtechnik

**DSL**

**SDSL / HDSL**

**ADSL / ADSL2 / ADSL2+**

**VDSL**

**Kabelmodem**

**Powerline**

# Breitbandtechnik

Breitband bezeichnet eine Bandbreite oder einen Frequenzbereich, der sehr groß, besser gesagt breit ist. Im Gegensatz zu Schmalband, das sehr klein bzw. schmal ist. Der Begriff Breitband fällt in der Regel immer im Zusammenhang mit digitalen Übertragungsverfahren und hohen Übertragungsgeschwindigkeiten.

Eine große Bandbreite ist das Synonym für viel Übertragungskapazität. Insbesondere bei der Übertragung von Daten ist das ein wichtiges Kriterium. Je mehr Bandbreite, desto mehr Daten können pro Zeiteinheit übertragen werden.

In der Vergangenheit führte die Nachfrage nach mehr Bandbreite zu immer neuen Zugangstechniken. Da dabei jedesmal das Netz umgebaut werden musste, geht man heute einen anderen Weg. Statt jedesmal eine neue Technik zu installieren, versucht man im Laufe der Zeit und der technischen Weiterentwicklung kleinere dafür kontinuierliche Schritte zu gehen und die gerade aktuelle Technik bis an die physikalischen Grenzen auszureizen.

## Folgende Breitbandtechniken gibt es:

- DSL - Digital Subscriber Line
- Kabelmodemtechnik
- Powerline
- Satelliten
- UMTS
- WiMAX

Insbesondere DSL ist in Deutschland das Synonym für den Breitband-Internet-Zugang und wird nahezu ausschließlich von der Deutschen Telekom bereitgestellt. Die Regulierungsbehörde in Deutschland ist gegen die marktbeherrschende Stellung der Deutschen Telekom bisher nur ungenügend vorgegangen. Sie hat in abwartender Stellung darauf vertraut, dass Zugangstechniken, wie Powerline und Kabelnetztechnik, sich ohne Probleme durchsetzen würde. Da das Verlegen neuer Leitungen eine kostspielige Angelegenheit ist, war es naheliegend vorhandene Netze zu nutzen. Doch leider konnte Powerline technisch nicht überzeugen. Und die Kabelnetzbetreiber sind aufgrund der komplexen Struktur nicht schnell genug auf den Markt gekommen. Die Kabelnetze wurden in Deutschland

zur Zeit der Bundespost aufgebaut. Deshalb war dieses Leitungsnetz ein Zeit lang im Besitz der Deutschen Telekom.

Heute ist Funktechnik die Zukunft der Breitband-Zugangsnetze. Vor allem in ländlichen Gebieten. Dort ist die Reichweite von DSL begrenzt und erreicht nicht jeden Haushalt. Nachdem WLL gefloppt ist, schickt sich WiMAX an, die weißen Flecken oder besser Flächen auf der Breitband-Karte zu eliminieren.

Mittel- oder langfristig sind die Tage des Kupferkabels gezählt - egal, ob es für VDSL oder DSM genutzt wird. Glasfaserkabel und Funk sind die Techniken der Zukunft, um Breitband-Zugänge zu realisieren.

## Bandbreitenbedarf

Anwendung	Datenrate
Chatten	< 1 kBit/s
Telefonieren	16 bis 80 kBit/s
Radio, MP3	32 bis 320 kBit/s
Audio, unkomprimiert	1,5 MBit/s
Surfen, E-Mail	1 bis 6 MBit/s
TV (analog)	2 bis 3 MBit/s
DivX-Video	4 bis 8 MBit/s
DVD-Video	bis 10 MBit/s
HD-Video (1 Kanal)	6 bis 8 MBit/s
HD-TV (2 Kanäle)	bis 20 MBit/s
Backup, Datenfernzugriff	100 bis 500 MBit/s

Als die ersten Breitband-Internet-Zugänge bereitgestellt wurden, war vor allem eines interessant: die hohe Geschwindigkeit. Die hohe Bandbreite und somit die hohe Übertragungsgeschwindigkeit versprach den Abruf von Internet-Seiten innerhalb von Bruchteilen einer Sekunde. Auf einen Klick wurde die Webseite sofort angezeigt. Interessant wurde daraufhin erstmals

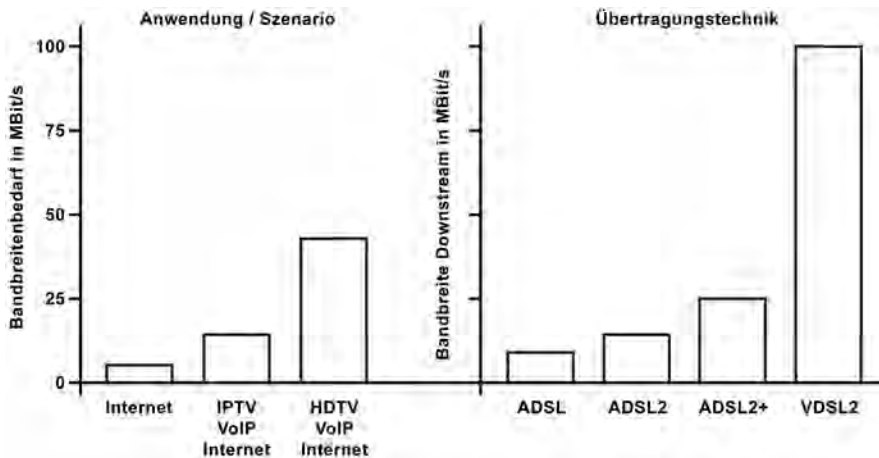
neue Inhalte, wie Audio und Video. Dank DSL ist Video im Internet kein Problem mehr.

Im Laufe der vergangenen Jahre ist die Übertragungsgeschwindigkeit der Breitband-Anschlüsse immer wieder gestiegen. Bei ADSL sind wir aktuell bei 16 MBit/s, manchmal sogar 20 MBit/s, angekommen. Mit VDSL sind sogar 50 MBit/s möglich. Doch normalerweise braucht niemand, schon gar nicht die breite Kundenmasse, einen Breitband-Internet-Anschluss mit 50 MBit/s. Es gibt keine Anwendung, für die eine Download-Rate von 6,5 MByte/s interessant wäre. Schon allein deshalb nicht, weil kein Server im Internet für einen einzelnen Nutzer soviel Bandbreite freigeben würde. Wer also braucht zum normalen Internetsurfen 16 MBit/s oder gar 50 MBit/s? Für das Abrufen und Verschicken von E-Mails und gelegentliches Surfen und Chatten benötigt man diese Bandbreite nicht. Beim Surfen merkt man von der hohen Geschwindigkeit ohnehin nichts. Kaum ein Server ist in der Lage, Dateien mit der gewünschten Bandbreite zu liefern.

<b>Anwendung</b>	<b>Downlink</b>	<b>Uplink</b>
HDTV (3 Kanäle pro Haushalt/Anschluss:	60 MBit/s	1 MBit/s
Telefonie (3 Kanäle pro Haushalt/Anschluss:	0,5 MBit/s	0,5 MBit/s
Internet (P2P, Games, Surfen, E-Mail, Downloads):	6 MBit/s	3 MBit/s
<b>Summe:</b>	<b>bis zu 66,5 MBit/s</b>	<b>bis zu 4,5 MBit/s</b>

Trotzdem werden die Breitbandzugänge mit hohen Bandbreiten ausgebaut. Das Ziel der Netzbetreiber ist, Multimedia-Anwendungen, wie Video on Demand anbieten zu können. Unter dem Begriff Triple Play mutieren die Netzbetreiber zum Vollanbieter für Internet, Telefonie (VoIP) und Fernsehen (IPTV) über einen Anschluss. Was früher zwangsläufig über mehrere Übertragungsmedien, Systeme und Anbieter verteilt war, soll in Zukunft von einem einzigen Anbieter kommen. Durch Triple Play wird die Datenmenge so hoch, dass Anschlüsse weit über 16 MBit/s vom Durchschnittskunden gebraucht werden. Das ist spätestens dann der Fall, wenn Fernsehen in HD-Qualität über den DSL-Anschluss bezogen wird -

womöglich für mehrere Nutzer/Geräte gleichzeitig. Im Zuge von NGN (All-IP) und Triple Play stellt sich die Frage, wie viel Bandbreite ein Haushalt respektive ein Anschluss wirklich braucht? Mit den zunehmenden multimedialen Anwendungen und deren Nachfrage steigt auch der Bandbreitenbedarf an.



Erkennbar ist, dass der Bandbreitenbedarf in Zukunft weit über 50 MBit/s liegen wird. Neuartige Anwendungen und Dienste werden den Bedarf auf fast 100 MBit/s ansteigen lassen. Auf Dauer wird man diese Bandbreite und darüber nur mit Lichtwellenleiter (Glasfaser) realisieren können. Momentan wird der Engpass für die Bandbreite zwischen Teilnehmeranschluss und der Vermittlungsstelle liegen (die letzte Meile).

### Anwendung: IP-TV

Neben der Nutzung als Internet-Zugang wird der Breitband-Anschluss für Übertragung von Fernsehprogrammen genutzt. Neben den üblichen TV-Sendern steht ein Angebot mit mehreren TOP-Filmen aus der digitalen Videothek (VoD, Video on Demand) zur Verfügung.

Für den TV-Empfang gibt es einen Media-Receiver, der zwischen VDSL-Netz und Fernseher geschaltet ist. Über dieses Gerät stehen mehrere Video-Ein- und Ausgänge zu Verfügung. Eine HDMI-Schnittstelle ist HDTV-fähig.

## **Anwendung: Datensicherung / Datenspeicherung im Netz**

Denkbar wäre auch die Datensicherung im Netz oder gleich die Datenspeicherung im Netz. Über ein Hochgeschwindigkeitsnetz würden sich Dateien genauso schnell speichern und öffnen lassen, wie auf der lokalen Festplatte.

## **Anwendung: Vernetzung über VPN**

Mit der hohen Uplink-Datenrate eignet sich zum Beispiel VDSL für die Telearbeit oder Home-Office und zur Vernetzung von Standorten, Filialen und Unternehmen mit VPN. Bei normalem ADSL ist die Uplink-Datenrate zu niedrig um größere und viele Datenmenge zu übertragen. Die aktive Nutzung des Internets erfordert nicht nur deutlich schnellere, sondern auch symmetrische Anschlüsse.

## **DSL - Digital Subscriber Line**

In Deutschland ist DSL das Synonym für einen Breitband-Internet-Zugang mit der ADSL-Technik. Doch ursprünglich wurde unter dem Begriff "DSL" die Übertragungstechnik für den ISDN-Basisanschluss verstanden. Heute versteht man unter DSL verschiedene Trägerverfahren, auf die paket- oder zeilenorientierte Protokolle aufgesetzt werden können. In den Jahren 1982 bis 1988 wurde das erste DSL-System entwickelt. Es wurde später dann zum ANSI-Standard und unter der Bezeichnung ISDN bekannt. Historisch gesehen ist ISDN das erste DSL, das sich weltweit durchgesetzt hat. Schon davor gab es bereits verschiedene Bestrebungen das Telefonnetz zu digitalisieren.

Wichtigste Anforderung an die DSL-Verfahren war, dass die bereits für Telefonie verlegten Kupferleitungen weiter verwendet werden können. Bei der Einführung einer neuen Technik sollte es vermieden werden, ein neues Leitungsnetz aufzubauen. Das wäre zu teuer und letztlich nicht praktikabel gewesen. Ursprünglich war die Verkabelung des Telefonnetzes ausschließlich für die Sprachübertragung ausgelegt. Darüber Daten zu übertragen war nie vorgesehen.

Obwohl die Bezeichnung "Digital Subscriber Line" (deutsch: Digitale Teilnehmeranschlussleitung) die Vermutung nahelegt, ist damit nicht die Leitung gemeint, sondern eine Leitung mit jeweils einem Modem an den Leitungsenden. Die Modems sorgen dafür, dass zwischen Kundenseite und

Netzbetreiberseite eine ständige physikalische und logische Verbindung besteht. Bei der analogen Telefontechnik wurde stattdessen nur dann eine logische Verbindung hergestellt, wenn der Hörer abgehoben wird. DSL ist im Prinzip eine Standleitung. Wobei der Begriff "Standleitung" als solcher nicht mehr verwendet wird.

Heute bietet DSL die Möglichkeit hohe Datenraten auf dem herkömmlichen Telefonkabel zu erzielen. Jede DSL-Technik nutzt ein weit größeres Frequenzspektrum als POTS und ISDN und erreicht damit sehr hohe Übertragungsgeschwindigkeiten. Die Reichweite des Signals ist jedoch stark eingeschränkt. Diese Einschränkung liegt daran, dass die benutzten Teile des Spektrums durch Resonanzeffekte (Schwingung), Verzerrungen und Fremdeinstrahlungen beeinträchtigt werden. Die Leitungsdämpfung erhöht sich mit steigender Frequenz und steigender Entfernung zur Vermittlungsstelle. Je länger eine Leitung ist, desto kleiner die Datenrate, bzw. je höher die Datenrate, desto geringer ist die Reichweite. Die Begrenzung von Reichweite und Übertragungsrate führt dazu, dass DSL nicht überall möglich ist.

## Überblick über die DSL-Technologien

- HDSL - High Data Rate Digital Subscriber Line
- SDSL - Symmetrical Single Pair Digital Subscriber Line
- ADSL - Asymmetric Digital Subscriber Line
- ADSL2
- ADSL2+
- VDSL - Very High Speed Digital Subscriber Line
- VDSL1
- VDSL2

DSL-Variante	Doppel-Adern	Datenrate		Reichweite
		Downstream	Upstream	
ADSL	1	8 MBit/s	640 kBit/s	ca. 5 km
ADSL2	1	12 MBit/s	1,2 MBit/s	
ADSL2+	1	25 MBit/s	3,5 MBit/s	

HDSL	2	1,544 MBit/s	1,544 MBit/s	ca. 4,5 km
	3	2,048 MBit/s	2,048 MBit/s	
HDSL2	1	2 MBit/s	2 MBit/s	ca. 3,6 km
SDSL	1	2,36 MBit/s	2,36 MBit/s	ca. 2,5 km
SHDSL	1	2,36 MBit/s	2,36 MBit/s	ca. 4 km
G.SHDSL	1	1,2 MBit/s	1,2 MBit/s	ca. 6 km
	2	2,36 MBit/s	2,36 MBit/s	
VDSL1	1	52 MBit/s	2,3 MBit/s	ca. 300 m
VDSL2	1	100 MBit/s	100 MBit/s	ca. 1 km
G.lite-ADSL	1	1,5 MBit/s	500 kBit/s	ca. 8 km

## Störungen bei DSL

Die große Verbreitung von DSL hat dazu geführt, dass in den Telefonkabeln von den Vermittlungsstellen zu den Kunden immer mehr DSL-Anschlüsse parallel geschaltet werden. Das Problem dabei, je mehr DSL-Anschlüsse in einem Kabelstrang geschaltet sind, desto mehr stören sie sich gegenseitig.

Es ist wie auf einer Party: Anfangs, wenn noch wenige Gäste da sind, kann sich jeder mit jedem in angenehmer Lautstärke unterhalten. Doch wenn immer mehr Gäste kommen und sich untereinander unterhalten, steigt automatisch die Lautstärke (erhöhte Sendeleistung). Die Unverständlichkeit der Gespräche steigt an (steigende Fehlerrate). Jeder versucht genauer hinzuhören (gute Empfindlichkeit und gute Trennschärfe). Irgendwann sind so viele Gäste im Raum, dass man sich gegenseitig anschreien muss, um sich noch verstehen zu können (stark erhöhte Sendeleistung). Doch gerade dieses Schreien führt zu weiteren Störungen in andere Unterhaltungen. Die Unverständlichkeit nimmt weiter zu (stark steigende Fehlerrate) und der Informationsgehalt nimmt ab (sinkende Datenrate). Die meisten Gäste unterhalten sich nur noch von Mund zu Ohr (geringe Reichweite). Irgendwann gehen einige Gäste aus dem Raum, weil es fast unmöglich ist sich zu unterhalten (Ausfall von

DSL-Anschlüssen aufgrund zunehmender Störungen).

Damit es nicht zu Ausfällen von DSL-Anschlüssen in Folge zu hoher Sendeleistungen kommt gibt es eine fest definierte Grenze, die ein Aufschaukeln der Sendeleistungen verhindert. Die maximale Sendeleistung ist abhängig von der Frequenz und wird so ausgelegt, dass noch im schlechtesten Fall eine Datenübertragung möglich ist.

Als zusätzliche Maßnahme werden nicht alle Doppeladern eines Kabelstrangs mit DSL-Anschlüssen beschaltet. In der Praxis gibt es den Richtwert, dass nicht mehr als 50% der Doppeladern eines Kabelstrangs mit DSL-Anschlüssen beschaltet werden darf. Deshalb kommt es teilweise auch in Gebieten, die mit DSL versorgt sind zu Problemen bei der DSL-Auftragsausführung. Das Teilstück einer Leitungsstrecke zwischen Kunde und Vermittlungsstelle ist dann bereits mit zu vielen DSL-Anschlüssen belegt.

In Zukunft müssen die Netzbetreiber Maßnahmen ergreifen, damit die Verträglichkeit ihrer Übertragungstechniken verbessert wird. Gegen Übersprechen und Interferenzen zwischen ADSL2- und VDSL2-beschalteten Leitungen gibt es Lösungen. Zum Beispiel dynamisches Spektrum-Management (DSM). Doch das funktioniert nicht, wenn mehrere Netzbetreiber DSL-Anschlüsse auf dem gleichen Kabelstrang schalten.

## **HDSL - High Data Rate Digital Subscriber Line**

HDSL ist eine Erweiterung der DSL-Technik, die im Zeitraum 1989 bis 1991 entwickelt wurde. Ziel war es, eine Übertragungstechnik zu schaffen, um das vorhandene Leitungsnetz ohne zwischengeschaltete Repeater zu nutzen und um Datenrate mit 2 MBit/s zu erzielen.

Die Installation einer HDSL-Übertragungsstrecke erfolgt nach dem Plug&Play-Prinzip. Jeweils an den beiden Enden der Leitung wird ein HDSL-Endgerät installiert. Am Empfangsende braucht HDSL nur eine minimale Stromversorgung, was eine Speisung von der Vermittlungsstelle aus möglich macht.

### **Übertragungsgeschwindigkeit**

Die Übertragungsgeschwindigkeit hängt mit der Anzahl der Adernpaare und der Reichweite zusammen. Mit einem Adernpaar erreicht man in beide

Übertragungsrichtungen 900 kBit/s. Da das meistens nicht ausreicht und man größere Distanzen überbrücken will, werden 2 bis 3 Adernpaare verwendet. Gerade deshalb war HDSL nie eine Lösung für den Massenmarkt.

Die übliche Übertragungsrate liegt in Amerika (ANSI) bei 1,544 MBit/s (T1) und in Europa (ETSI) bei 2,048 MBit/s. Die Übertragung findet im Normalfall über zwei Kupferdoppeladern (4 Adern) statt. Zur Reichweitenerhöhung werden drei Kupferdoppeladern (6 Adern) verwendet.

## **Anwendungen**

Die HDSL-Technik ist vor allem für Provider bzw. Netzbetreiber sowie für große Unternehmen interessant, die hohe Datenraten in beide Richtungen benötigen. Typische Anwendungsfälle sind:

- Punkt-zu-Punkt-Verbindungen
- Vernetzung von Telefonanlagen (Echtzeitübertragung)
- Kopplung von lokalen Datennetzen an ein WAN (Wide Area Network)

## **HDSL2**

HDSL2 ist eine Weiterentwicklung von HDSL. Mit HDSL2 erreicht man Datenraten von bis zu 2040 kBit/s in beide Richtungen mit nur einem Adernpaar.

Allerdings hat diese Entwicklung nicht verhindern können, dass HDSL von SDSL abgelöst wurde. SDSL braucht nur eine Doppelader und benötigt weniger Strom. Erreicht allerdings nicht ganz die Reichweite von HDSL.

## **SDSL - Single Pair Digital Subscriber Line**

SDSL wurde entwickelt, um die gleiche Übertragungsgeschwindigkeit von HDSL auf nur einer Doppelader zu ermöglichen. Das ursprüngliche SDSL war eine proprietäre Weiterentwicklung von HDSL.

Für die Abkürzung SDSL gibt es verschiedene Definitionen. Zum Beispiel "Symmetrical DSL" oder "Single Line DSL" oder "Single Pair DSL".

Plausibel klingt "Symmetrical DSL", da SDSL ein symmetrisches Übertragungsverfahren ist. Doch auch HDSL ist ein symmetrisches Übertragungsverfahren. Viel eher passt "Single Pair DSL", weil sich SDSL dadurch kennzeichnet, dass es gegenüber HDSL nur eine Doppelader benötigt.

Heute steht die Bezeichnung SDSL für eine ganze Familie von symmetrischen Übertragungstechniken. Dazu zählen vor allem die Standards SHDSL, G.SHDSL und ESHDSL. Beide werden unter dem Begriff SDSL geführt. Ihnen liegt eine symmetrische Übertragungstechnik zu Grunde.

## **Übertragungsgeschwindigkeit**

Die Übertragungsgeschwindigkeit von SDSL wird je nach Standard oder Produkt unterschiedlich angegeben. Einfach nur von 2 MBit/s zu sprechen ist nicht ganz richtig. Aktuell erreicht SDSL (G.SHDSL) eine Übertragungsgeschwindigkeit mit ganzzahligen Vielfachen von 64 kBit/s ab 192 kBit/s bis 2,304 MBit/s. Mit einer Kupferdoppelader mit 0,6 mm Durchmesser ist eine Reichweite von 6 km möglich. Bei zwei Doppeladern erreicht man eine Verdoppelung der Übertragungsrate.

## **SHDSL - Symmetric High Data Rate DSL**

Im Gegensatz zu proprietären SDSL ist SHDSL im ITU-T G.991.2 standardisiert und somit Hersteller-unabhängig. Es ist die aktuelle Technik, um eine symmetrische Datenübertragung mit Bandbreiten zwischen 192 und 2320 kBit/s auf einer Kupferdoppelader zu ermöglichen. Die Reichweite ist bis zu 20% höher als bei den älteren HDSL- und SDSL-Verfahren.

## **G.SHDSL**

G.SHDSL ist die Kurzbezeichnung für "Global Standard for Single-Pair of Highspeed DSL" und ist ebenfalls im ITU-T G.991.2 standardisiert. Es ist eine Erweiterung von SHDSL um größere Entfernungen zu überbrücken. Dieser Standard ist nicht so leistungsfähig wie SHDSL. Dafür stellt er den kleinsten gemeinsamen Nenner dar, der in jedem Leitungsnetz auf der ganzen Welt funktioniert. Es geht auch darum, den Herstellern der Vermittlungsstellen und Modems die Möglichkeit zu geben eine möglichst

große Anzahl an Kunden und Ihre Anforderungen bedienen zu können. Welcher Standard letztendlich in den nationalen Märkten zum Einsatz kommt, das entscheiden die Netzbetreiber.

Durch den Standard G.991.2 (SHDSL und G.SHDSL) sind viele SDSL-Router zu anderen SDSL- und HDSL-Standards kompatibel.

## **Übertragungstechnik**

SDSL baut auf den Leitungscodemodulation Trellis Coded Pulse Amplitude Modulation (TC-PAM). Hieran erkennt man auch die Verwandtschaft zu ISDN. Der PAM-Leitungscodemodulation (16 PAM - 4B1Q) hat eine geringe Durchlaufzeit, eine gute Reichweite und ist abwärtskompatibel zu 2B1Q, wie es bei HDSL eingesetzt wird. Eine maximale Verträglichkeit zu anderen Diensten, wird durch das Power-cut-back-Verfahren erreicht. Störungen für andere Dienste sind dadurch sehr gering.

## **Anwendungen**

Ein SDSL-Anschluss kostet rund das fünf- bis fünfzehnfache eines ADSL-Anschlusses und bietet maximal 2 MBit/s in beide Richtungen an. Dafür ist die Reichweite höher als bei ADSL. Aufgrund der höheren Kosten kommen SDSL-Anschlüsse nur für Unternehmen in Frage. Typische Anwendungsfälle sind:

- Netzwerkkopplung
- Vernetzung von TK-Anlagen
- Internet-Zugang für Firmen (die eine hohe Upload-Geschwindigkeit brauchen)
- Überbrücken großer Entfernungen

## **ADSL - Asymmetric Digital Subscriber Line**

Um die Ansprüche nach mehr Bandbreite für Datendienste zu erfüllen, wurde zwischen 1991 und 1995 die ADSL-Technik entwickelt. ADSL wurde von der ITU-T (International Telecommunications Union) in G.992.1 und vom ANSI (American National Standardisation Institute) in T1.413-1995 standardisiert.

Bei ADSL handelt es sich um ein Übertragungsverfahren für einen

Breitband-Internet-Anschluss über eine normale Telefonleitung. Der wichtigste Vorteil von ADSL ist, dass die vorhandenen Kabelnetze die Telefonanschlüsse weiterverwendet werden können.

In Deutschland wird der Begriff "ADSL" nur unter Fachleuten verwendet. Die ADSL-Breitband-Anschlüsse werden in Deutschland als DSL-Anschlüsse bezeichnet. Je nach Netzbetreiber oder Provider haben sich unterschiedliche Markennamen herausgebildet. Bekannt sind T-DSL von der Deutschen Telekom, Q-DSL von QSC und diverse Bezeichnungen, wie DSL2+ oder DSL3+. Hinter den verschiedenen Bezeichnungen steckt im Prinzip immer die gleiche Technik.

Das zentrale Problem von ADSL ist die begrenzte Reichweite. Im Laufe der Zeit wurde die ADSL-Technik immer wieder erweitert und verbessert, so dass die Reichweite oder die Übertragungsrate immer wieder gesteigert werden konnte. Trotzdem ist eine vollständige Netzabdeckung in Deutschland bis heute praktisch nicht möglich.

Bei einer ADSL-Verbindung handelt es sich im Prinzip um zwei Modems an einer herkömmlichen Telefonleitung (Kupfer-Doppelader). Wobei das eine Modem beim Endanwender steht und das andere beim Netzbetreiber in der Vermittlungsstelle.

Das ADSL-Modem wird über eine Netzwerkkarte oder USB-Schnittstelle an einen Computer oder ein Netzwerk angeschlossen. So entsteht eine feste Anbindung. Das Anwählen, wie bei einer Telefonverbindung, entfällt. Stattdessen ist der Computer mit dem Internet wie mit einer "Standleitung" fest verbunden. Wobei die Standleitung als DSL-Anschluss bezeichnet wird.

## Asymmetrische Übertragung



ADSL nutzt das brachliegende Frequenzspektrum der Telefonleitung, um mehr Bandbreite für den Internet-Zugang zur Verfügung zu stellen. Mit der ADSL-Technik ist man in der Lage die gesamte Bandbreite in kleinere Bereiche einzuteilen und nutzbar zu machen.

Das Grundprinzip von ADSL beruht auf einem asymmetrischen Übertragungsverfahren bzw. der Bereitstellung einer asymmetrischen Bandbreite. Damit ist gemeint, dass der Übertragungsweg vom Provider zum Kunden, in der Fachsprache als Downlink bzw. Downstream bezeichnet, und der Übertragungsweg vom Kunden zum Provider, in der Fachsprache als Uplink bzw. Upstream bezeichnet, unterschiedliche Bandbreiten aufweisen. Die Verteilung der Bandbreite ist der Anforderung eines typischen Internet-Nutzers nachempfunden. Er lädt typischerweise mehr Daten aus dem Internet herunter, als er ins Internet zurück überträgt. Deshalb ist die Bandbreite des Downlinks größer als beim Uplink.

Die Trennung des nutzbaren Frequenzspektrums in drei Segmente erfolgt mit Frequency Division Multiplexing (FDM). FDM erzeugt über den schmalbandigen Frequenzbereich des POTS (bis 25 kHz) bzw. ISDN (bis 138 kHz) den Upstream-Frequenzbereich, an den sich der breitbandige Downstream-Frequenzbereich anschließt. Eigentlich reicht ISDN nur bis 120 kHz. Doch zwischen 120 und 138 kHz ist ein Schutzabstand enthalten, weil der Splitter, der die Frequenzbereiche voneinander trennen soll passiv arbeitet und nicht exakt bei 138 kHz scharf genug trennen kann.

Um Telefonie (POTS) und ADSL gleichzeitig nutzen zu können, sind sogenannte Splitter notwendig, die die genutzten Frequenzbereiche trennen bzw. zusammenführen und in das richtige Netzwerk einspeisen.

# **Next Generation Network**

**Konvergenz**

**NGN / IMS**

**Triple Play**

**VoIP**

**H.323**

**SIP**

# Konvergenz in der Kommunikationstechnik

Konvergenz ist die Vereinigung zweier Welten durch eine oder mehrere Innovationen. Die Voraussetzung für Konvergenz ist die Digitalisierung der Endgeräte, Dienste und Infrastrukturen.

## Für Konvergenz erforderlich

- Trennung von Applikation und Transport
- Konvergenz-Schicht zwischen Applikation und Transport
- Kommunikation als Service

## Konvergenz: Infrastruktur

Netzbetreiber haben gegenüber Hardware- und Software-Herstellern den Vorteil, dass sie mit weniger Konkurrenz zu rechnen haben. Die Kosten für den Aufbau eines Netzes sind hoch und wirken als Markteintrittsbarriere. Hersteller müssen dagegen ständig mit neuen Konkurrenten auf dem Markt rechnen. Von ihrem Kerngeschäft ausgehend versuchen die Netzbetreiber die Dienste und Anwendungen aus anderen Netzen auf ihre Netz aufzusetzen. Das gelingt natürlich nur, wenn alle Dienste und Anwendungen auf diesem Netz funktionieren. Mit den neuen Produkten müssen dann erst Erfahrungen gemacht werden. Sowohl bei der Einrichtung, als auch beim Kundenservice und der Vermarktung. Bei der Integration ist sehr viel Arbeit im Hintergrund notwendig. Im Kernnetz müssen neue leistungsstarke Komponenten eingebunden werden. Es steigt auch die Komplexität. Wichtig ist eine breitbandige Übertragungs- bzw. Zugangstechnik zum Netz. Das kann DSL sein oder UMTS als mobiler breitbandiger Internet-Zugang. Für den Anwender ist es egal, ob er das Internet über das Festnetz oder Mobilfunknetz nutzt. Wenn genug Bandbreite verfügbar ist, alle Dienste reibungslos funktionieren und der Preis stimmt.

Die Konvergenz zwischen verschiedenen Übertragungswegen und Diensten kann die Nutzung stark vereinfachen. Immer öfter spielt das Transportmedium für die Übertragung von Information und Kommunikation keine Rolle mehr.

## Konvergenz: Endgeräte

Die hohe Integrationsdichte führt zu kleinen Geräten, in die wiederum die Hersteller so viele Funktionen wie möglich packen wollen. Die Hersteller kombinieren ein Gerät mit Funktionen aus anderen Bereichen oder Technologien. Dabei entsteht manchmal sogar ein vollständig neues Gerät, welches aber immer noch seine Kernfunktionen hat. Noch wird zwischen reinen Geschäfts- und Privatnutzer-Produkten unterschieden. Künftig werden auch diese beiden Welten ineinander aufgehen. Der Trend in der Gesellschaft und Technik geht in Richtung Verschmelzung von Beruf und Privat.

In Smartphones ist die typische Konvergenz der Endgeräte zu sehen. In einem Smartphone ist ein Handy mit einem PDA (Personal Digital Assistant) vereint. Ein gutes Beispiel für die Konvergenz von IT und TK. Doch auch der PDA selber ist ein Konvergenz-Produkt. In ihm vereinen sich verschiedene Hardware-Komponenten, die aus der Unterhaltungselektronik, Computertechnik und Kommunikationstechnik kommen. Was vorher nur Kommunikationstechnik war, wird mit Rundfunk und Multimedia kombiniert.

## Konvergenz: Dienste

- Digital Living Dienste
- Heimvernetzung (Home Networking)
- P2P-Dienste
- Social Networking Plattform
- Identity Management
- Ein Zugang, eine Rufnummer, eine Mailbox.
- Übergreifendes Adressbuch und Anzeige von Verfügbarkeit und Standort (von Personen).

In den Märkten, die auf Software und digitale Güter basieren sind die Markteintrittsbarrieren nicht sehr hoch. Und schon ein kleiner Anbieter kann mit einem cleveren Angebot zu großer Unsicherheit bei den Big Playern führen. Internet-Provider und Software-Unternehmen treten an, um den klassischen TK-Anbietern Konkurrenz zu machen. Weil sie kein Netz im klassischen Sinne betreiben müssen, können sie ihre Dienste sehr günstig anbieten. Der Wettbewerb auf globaler Ebene verschärft die Konkurrenzsituation noch einmal. Mit zunehmender Bandbreite steigt

auch die Anzahl der möglichen Dienste. Denn vor allem für komplexe Dienste wird viel Bandbreite benötigt.

Die Konvergenz wird von vielen technologieführenden Unternehmen unaufhörlich vorangetrieben. Offene Standards und Schnittstellen werden weiterentwickelt. So können unterschiedliche Dienste und Anwendungen beliebig miteinander kombiniert und von unterschiedlichen Geräten angesprochen werden.

Was für den einen Netzbetreiber ein Fluch ist, kann für den anderen Netzbetreiber eine neue Art der Kundenbindung sein. So ist die Voraussetzung für ein konvergentes Tarifmodell, dass Tarife, Anschluss und Endgerät von einem Anbieter kommen. So lassen sich die Kunden solange an das Tarifmodell binden, bis sie auf das konvergente Produkt verzichten können. So wie die Szenarien aussehen, wird das kaum ein Kunden tun wollen. Etablierte Anbieter müssen ihre Netze umrüsten um selber diese Dienste anbieten zu können.

Neue Dienste suchen vor allem die Netzbetreiber. Denn der reine Netzbetrieb wirft angesichts sinkender Preise von Gesprächsminuten und Datenvolumen nicht genug ab. Deshalb versuchen sie Dienste und Anwendungen zu etablieren, für die Kunden Geld ausgeben. Im Mobilfunkbereich waren das in den letzten Jahren waren hauptsächlich Klingeltöne. Davon haben auch viele Inhaltenanbieter profitiert.

## **FMC - Fixed mobile Convergence**

Fixed Mobile Convergence (FMC) ist das Zusammenwachsen von Mobilfunk und Festnetz. Der Sprach- und Datenverkehr soll in ein Netz integriert werden. Die Anforderung oder der Wunsch der Kunden, nur ein Gerät für alles zu haben kann dadurch umgesetzt werden. Das der Zugang immer und überall besteht, die Kosten optimiert werden und die Abrechnung unabhängig vom Zugangsnetz erfolgt.

### **Kombigerät aus WLAN-Telefon und GSM-Handy**

Das typische Beispiel für FMC ist ein Kombigerät, das sowohl ein WLAN-Telefon als auch ein GSM-Handy vereint. Während das WLAN-Telefon VoIP verwendet, setzt das GSM-Handy auf das GSM-Mobilfunknetz. Die Konvergenz auf dem Endgerät baut auf zwei Geräte, die in eines integriert wurden. Mit allen Vor- und Nachteilen. Der Hauptnachteil: Beide Systeme sind nicht kompatibel zueinander. Beide

Systeme haben eine eigene Adressierung und eine eigene Bedien-Philosophie.

## **Das Handy als Nebenstelle einer Telefonanlage**

In der mobilen Kommunikation werden zunehmend Telefoniefunktionen interessant, die man an seinem Festnetztelefon gewohnt ist. Insbesondere Unternehmen verfügen in ihren Telefonanlagen über interne Funktionen, die auch auf einem Handy gewünscht werden. So sollen Mitarbeiter unter nur einer einzigen Rufnummer erreichbar sein, egal wo sie sich gerade aufhalten. Auch Rufweiterleitung und Konferenzschaltungen sollen wie gewohnt auf dem Handy möglich sein.

Bei dieser Betrachtungsweise wird das Handy innerhalb einer Telefonanlage zur eigenständigen Nebenstelle. Das muss dann von der Technik umgesetzt werden. Dabei darf das Mobiltelefon auch nur unter einer einzigen Rufnummer erreichbar sein.

## **Mobilfunkbetreiber**

Der Mobilfunkbetreiber bietet einen Tarif an, der aus einem normalen Mobilfunktarif besteht und zusätzlich eine Festnetz-Option hat. Telefoniert der Kunde in einem vorher festgelegten Bereich (Home-Zone), zum Beispiel bei sich zuhause, dann werden ihm nur die Festnetzgebühren berechnet. Telefoniert er außerhalb, bezahlt er die teureren Mobilfunkgebühren.

## **Festnetzbetreiber**

Der Festnetzbetreiber bietet einen Tarif an, der sich an einem Festnetztarif orientiert und zusätzlich eine Mobilfunk-Option hat. In Kombination mit einem Mobilfunkvertrag erhalten Kunden einen Preisvorteil bei einem zusätzlichen Festnetz- oder Breitbandanschluss. Selbstverständlich kann jeder Kunde seine bisherige Rufnummer weiter nutzen.

Das schnurlose Telefon ist im Empfangsbereich der Basisstation am Festnetz angeschlossen. Außerhalb bucht sich das Telefon ins Mobilfunknetz ein. Zuhause telefoniert der Kunde günstig übers Festnetz. Unterwegs zu den teureren Mobilfunkgebühren. Den Mobilfunkanschluss und die Netzkapazität mietet der Festnetzbetreiber von einem Mobilfunkbetreiber an.

## Technik

Die Verschmelzung von Festnetz und Mobilfunk, erforderten das Zusammenspiel zwischen Carrier, Operator, Integrator, Hersteller und Anwender. Eine, für alle Beteiligte, sinnvolle Konvergenz ist nur über einen zentralen Kommunikationsdienst zu erreichen. Dazu müssen in einem Gerät alle Kommunikationsdienste gebündelt werden.

Mit IMS werden die Mobilfunknetze mit einheitlichen Software-Standards für die Mobilfunk-Infrastruktur nachgerüstet. Damit ist es möglich mobile Sprachdienste und Internet-Funktionen zu verknüpfen. Ziel ist es auch, dass die Mobilfunknetze mit dem Festnetz verschwimmen. Die Netzbetreiber versuchen in neue Märkte zu expandieren und dabei den Unterschied zwischen drahtgebundenen und drahtlosen Netz aufzulösen. Man spricht dabei von "Seamless Mobility". Der Kunde soll irgendwann nicht mehr merken, über was er telefoniert oder Daten überträgt. In einem solchen Netz spielt es dann irgendwann keine Rolle mehr, mit welchem Endgerät, welche Inhalte abgerufen oder Dienste genutzt werden. Es gibt dann weiterhin verschiedene Netze, die aber nur noch auf dem Internet-Protokoll basieren.

## NGN - Next Generation Network

Die Definition von NGN ist etwas schwierig. Man kann NGN aus Sicht der Dienste, aus Sicht der Netze oder aus Sicht des Kunden betrachten. Das NGN ist ein Netz für alle Dienste und Anwendungen, die auf dem Internet-Protokoll (IP) basieren. Dazu ist ein neues Netz mit einer eigenen Netzarchitektur erforderlich. Dieses neue Netz wird als Next Generation Network (NGN) bezeichnet. In manchen Publikationen wird auch von einem New Generation Network geschrieben.

**Bitte beachten:** Die Definition für NGN ist teilweise sehr unterschiedlich. Jeder Hersteller, Netzbetreiber oder Beratungsunternehmen hat seine eigene Definition für "Next Generation Network".

## Das Internet als Transport-Plattform

Das Internet hat sich als Transport-Plattform für Informationen und Daten durchgesetzt. Dabei hat sich herausgestellt, das darüber alles transportiert werden kann, was es an Anwendungen und Dienste in der

Kommunikationstechnik gibt. Das bedeutet, alles wird auf dem Internet-Protokoll (all-IP) aufgesetzt. Technisch gesehen wird dabei die Transport- und Dienstebene voneinander getrennt. Der Anbieter für den Zugang zum Netz und der Anbieter für die darauf basierende Kommunikationsform muss nicht mehr der gleiche Anbieter sein.

Dabei hat der Netzbetreiber die Rolle des Netzzugangsanbieters und IP-Routing-Dienstleisters übernommen. Alles andere kann der Kunde bei einem anderen Anbieter beziehen, vielleicht sogar kostenlos nutzen. Das bezieht sich nicht nur auf Dienstleistungen, wie Telefonie, sondern auch auf den Konsum von Informationen und Unterhaltung. Dabei besteht für jedes Unternehmen die Möglichkeit mit wenig Geld und Aufwand ein eigenes Dienst- oder Informationsangebot im Internet zu starten, ohne einen Netzbetreiber dabei einbeziehen zu müssen. Der Netzbetreiber ist dabei auf den Betrieb und das Anbieten von Netzzugängen reduziert.

## **Warum NGN?**

Das alte Telefonnetz ist für die Sprachübertragung mit Sicherheit eines der modernsten und stabilsten Netze, die es gibt. Doch die Technik ist extrem unflexibel und schmalbandig. Die Bandbreite reicht gerade mal zum Telefonieren aus. Bisher hat das bedeutet, dass bei jedem neuen Dienst umfangreiche Netzbauten durchgeführt werden mussten.

Beispielsweise beim Breitband-Internet-Zugang mit DSL und jetzt für IPTV mit VDSL.

Im Laufe der Jahre haben die Festnetz-Betreiber für jeden neuen Dienst eine eigene Technik und eine eigene Infrastruktur aufgebaut, die parallel zu den anderen betrieben wurden. Das hat alles viel Geld für die Installation und den Betrieb verschlungen. Daher bestand seit jeher der Wunsch, alle Dienste in ein Netz zu integrieren und die existierenden "Inseln" aufzulösen. Mit der Entwicklung und Einführung von ISDN ist das auch teilweise gelungen. Doch damals konnte der zukünftige Wunsch der Kunden nach breitbandigen Internet-Zugängen nicht berücksichtigt werden.

Kostenersparnis ist ein wesentlicher Teil des NGN. Durch die Beschränkung auf eine Systemtechnik kann man die Standorte und Flächen reduzieren. Es werden weniger verschiedene Ersatzteile gebraucht. Und es ist auch nur ein einziges Managementsystem notwendig, das betrieben und auf das die Mitarbeiter geschult werden müssen.

## **Anforderungen**

- Benutzerauthentifizierung, -autorisierung und -abrechnung
- Konfigurationsmanagement auf Element-, Netz- und Dienstebene
- Leistungs- und Fehlermanagement
- Abwehr von Angriffen
- regulatorische und gesetzliche Maßnahmen

## **Die Vorteile für den Netzbetreiber**

- Wenige Netzelemente, einheitliche Technik und Vereinheitlichung des Netzmanagements.
- Kosteneinsparungen bei der Beschaffung und während des Betriebs.
- Einfachere und schnellere Implementierung neuer Dienste.
- Ein auf IP basierendes Kernnetz für Daten und Sprache.

Die Einführung eines NGN hat für die Netzbetreiber von strategischer Bedeutung. Für sie stellt sich die Frage, wie ihr Geschäftsmodell in der Zukunft aussieht: Stellen sie nur noch die Transport-Plattform oder bieten sie auch Dienste und Inhalte an?

## **Vorteile für den Kunden**

Prinzipiell ist NGN eine Netzbetreiber-Angelegenheit, die für den Kunden erstmal überhaupt keine Vorteile bringt. Doch, der Einführung eines NGN geht eine Netzmodernisierung voraus. Davon werden irgendwann die Kunden profitieren, die bisher kein DSL bekommen konnten. Spätestens dann, wenn die Netzmodernisierung soweit fortgeschritten ist, dass sich der Betrieb einzelner Netzteile mit alter Technik nicht mehr rechnet, dann werden die Netzbetreiber auch die letzten Ecken ihres Netzes mit DSL aufrüsten.

## **Anwendungen und Dienste im NGN**

- VoIP - Voice over IP
- IP-Centrex
- IPTV

- Location-Based Services
- Fixed Mobile Convergence
- Online- und Mobile-Presence
- Me-Media
- VPN
- VLAN
- Application Services
- Web-basierten Online-Diensten
- Collaboration Services
- Work Place Management

Traditionelle Netzbetreiber sind kaum in der Lage, alle Dienste anzubieten. Sie sind auf Partnerschaften angewiesen. Sie streben nach einer Organisationsform, die unterschiedliche Partnerschaftsmodelle erlaubt. Deshalb brauchen sie ein Netz, das sich flexibel erweitern lässt und in das verschiedenen Medien importiert und Abrechnungssysteme etabliert werden können.

## **Zentrale Protokolle im NGN**

- SIP - Session Initiation Protokoll
- RTP - Transport- und Rekonstruktionsfunktion

## **Zugangsnetz: Festnetz**

- ADSL2 und ADSL2+
- VDSL1, VDSL2, Fiber to the Curb
- Ethernet First Mile
- Ethernet/IP DSLAM
- Cable-TV - DOCSIS

## **Zugangsnetz: Mobilfunk**

- GSM und EDGE
- UMTS und HSPA
- Wireless LAN - IEEE 802.11
- WiMAX – IEEE 802.16

# IMS - IP Multimedia Subsystem

IMS ist eine Plattform für IP-basierte Multimedia-Anwendungen im Festnetz und Mobilfunknetz, die sich auf bereits bestehende Industriestandards stützt und vom ETSI (TISPAN) und 3GPP (IMS) standardisiert wurde. Die Unterstützer von IMS, die sich im IMS Forum organisieren, kommen aus den unterschiedlichsten Wirtschaftsbereichen wie Software, Infrastruktur und Mobilfunk.

Ursprünglich wurde IMS vom 3GPP als "Service Network" auf Basis des Internet-Protokoll (IP) für das UMTS-Mobilfunknetz erarbeitet. Schnell hat man erkannt, dass man die Standardisierung auf das Festnetz ausweiten muss. Parallel dazu hatte man sich beim ETSI (European Telecommunication Standardization Institute) in zwei Arbeitsgruppen (ETSI TIPHON und ETSI SPAN) für die NGN-Standardisierung des Festnetzes beschäftigt. 2003 wurden beide Arbeitsgruppen zu ETSI TISPAN (Telecommunication and Internet Converged Services and Protocols for Advanced Networking) zusammengefasst. IMS wurde 2003 erstmals von der 3GPP spezifiziert. Danach wurde der akademische und theoretische Ansatz mehrmals verbessert und erweitert. Dabei kam ein Standard heraus, der beschrieb, wie Multimedia-Verbindungen und -Dienste durch ein IMS Core Network gesteuert werden. Über offene Schnittstellen zum Core Network stellen Anwendungsserver die Dienste bereit. Dafür wurden Signalisierung, Transport und Sicherheitsmechanismen definiert, aber nicht die Dienste selber.



Im nächsten Schritt wurde vom 3GPP das IMS als allgemeines IP-basiertes Vermittlungsnetz definiert. Dabei hatte man die Vorstellung, dass verschiedene Zugangsnetze an das IMS Core Network angedockt werden

können. Daraufhin begannen ETSI und 3GPP zusammen zu arbeiten. Als Ergebnis wurde Ende 2005 im ETSI TISPAN die 3GPP-Spezifikation IMS aufgenommen. Nur an wenigen Stellen wurde sie angepasst.

Heute ist IMS ein Schritt in Richtung Next Generation Network (NGN). IMS soll alle Kommunikationsdienste auf einer Plattform zusammenfassen, um vielseitige IP-basierte Kommunikationsdienste zu ermöglichen.

## **Anforderungen an IMS**

- Bereitstellung von IP-basierten Echtzeit-Kommunikationsdiensten von Mensch zu Mensch (Sprach- und Videotelefonie), von Mensch zu Maschine (Spiele) und Maschine zu Maschine (Automatisierung)
- Integration von Multimedia-Kommunikation (Chat und Live-Streaming)
- Bereitstellung von interaktiven Diensten auf höchster Ebene (Präsenz-Kommunikation und Instant-Messaging)
- Lifestyle-Anwendungen, Personalisierung und Individualisierung
- Provider-übergreifende Funktionen
- kürzere Einführungszeit für neue Produkte und Dienste

## **Technik**

IMS basiert auf SIP, dem von Voice over IP (VoIP) bekannten Signalisierungsprotokoll. Die Verbindung zwischen den verschiedenen Netztypen werden durch Media-Gateways geschaffen. Für den Nutzer kann es egal sein, aus welchem Netz er auf Dienste und Anwendungen zugreift. Der Unterschied zwischen drahtgebundenen und drahtlosen Netzen verschwindet. Man spricht dabei von "Seamless Mobility". Der Kunde soll irgendwann nicht mehr merken, über was er telefoniert oder Daten überträgt. In einem solchen Netz spielt es dann irgendwann keine Rolle mehr, mit welchem Endgerät, welche Inhalte abgerufen oder Dienste genutzt werden. Es gibt dann weiterhin verschiedene Netze, die aber nur noch auf dem Internet-Protokoll (IP) basieren.

Das Hauptproblem bei der Umsetzung, sind die unstrukturiert gewachsenen Dienste. Hier ist auf der einen Seite die Übertragung von

Sprache und SMS. Auf der anderen Seite die Datendienste und kombinierten Sprach- und Datendienste, wie zum Beispiel Push-to-Talk.

## **Anwendungen auf Basis von IMS**

Eine typische IMS-Anwendung ist ein "aktives Telefonbuch" im Handy. Anhand moderner Standort-Bestimmung (Location Based Services, LBS) informiert das Telefonbuch den Nutzer, wenn Teilnehmer aus dem Telefonbuch in der Nähe sind. Ähnlich wie bei einer Buddy-Liste, wie man es vom Instant-Messaging kennt. Beim Instant-Messaging wird der Nutzer informiert, wenn seine Freunde online sind. Beim "aktiven Telefonbuch" wird der Nutzer über räumlich anwesende Geschäftspartner informiert (zum Beispiel auf Veranstaltungen).

Als erster Netzbetreiber hat der japanische Mobilfunkbetreiber Softbank Mobile in sein UMTS-Netz IMS integriert. Die Technik kommt von Ericsson und unterstützt Push-to-Talk mit HotStatus (Teilnehmerverfügbarkeitsliste). Und während dem Telefonieren können die Teilnehmer gleichzeitig Bilder, Dokumente und Videos versenden.

## **Beispiel-Anwendungen**

- PTT - Push-to-Talk
- LBS - Location Based Services

## **ENUM - tElephone NUmber Mapping**

ENUM ist ein Protokoll, mit dem sich Ressourcen aus der Telekommunikation und Netzwerktechnik miteinander verknüpfen lassen. Konkret ermöglicht ENUM die Umwandlung von Telefonnummern in eine Internet-Adresse bzw. umgekehrt. In der Praxis gibt man nur noch eine einzige Kontakt-Adresse an, anstatt eine ganze Liste mit Kontakt-Möglichkeiten, wie z. B. Telefonnummer, Faxnummer, E-Mail-Adresse oder Handynummer. Die ganzen Daten und noch mehr sind in einem ENUM-Verzeichnis abgelegt, das vom Anwender selbst gepflegt wird. Die dort abgelegten Adressen decken alle möglichen elektronischen Kontaktformen ab, die es bisher gibt und die es vielleicht in Zukunft geben wird. Zum Beispiel auch Instant-Messaging.

## **ENUM-Verzeichnis / ENUM-Directory**

Die Ablage der Kontakt-Adressen im ENUM-Verzeichnis kommt der Ablage im DNS (Domain Name System) gleich. Diese dezentrale Ablage- und Organisationsform hat sich bereits für Domain-Namen als vorteilhaft herausgestellt.

Das bestehende und stabile DNS gilt als wichtigste Voraussetzung um ENUM günstig und schnell einführen zu können. DNS ist bereits überall implementiert. Die Infrastruktur basiert auf einem verteilten Datenbestand, was die Stabilität und Verfügbarkeit des Systems gewährleistet. Je nach genutzter Anwendung sucht sich das Endgerät über die ENUM-Telefonnummer die passende Adresse. Aus einer regulären Telefonnummer wird dann ein sogenannter Fully Qualified Domain Name (FQDN).

Da eine Domain immer von rechts nach links gelesen wird, wird aus der Telefonnummer +49 7141 9914211 die ENUM-Telefonnummer 1.1.2.4.1.9.9.1.4.1.7.9.4.e164.arpa. Das ENUM-Protokoll nutzt DNS um die ENUM-Telefonnummer in eine auf den Dienst oder die Anwendung passende Adresse aufzulösen. Laut ENUM-Protokoll werden im Domain Name Server spezielle Einträge für die verschiedensten Kontakt-Möglichkeiten verwendet. Man spricht von den Naming Authority Pointer Records (NAPTR). Für jede Domain lassen sich mehrere NAPTR-Einträge vornehmen und unterschiedliche Prioritäten festlegen.

### **E.164**

E.164 ist ein Standard der ITU (International Telecommunication Union). Darin sind die Regeln für den internationalen Rufnummernplan für die Telekommunikation festgelegt. Das ENUM-Protokoll wurde von der IETF (Internet Engineering Task Force) entwickelt. Um in bestehenden DNS auf ENUM Zugriff zu erhalten hat die IAB (Internet Architecture Board) die Domain e164.arpa vorgeschlagen. Um Telefonnummern in ENUM-Telefonnummern abbilden zu können werden die Zahlen in umgekehrter Reihenfolge als Subdomains der Domain e164.arpa vorangestellt. Der Adressraum e164.arpa liegt im Verantwortungsbereich der ITU. Der Adressraum 9.4.e164.arpa liegt in Deutschland im Verantwortungsbereich der DENIC

# **Anhang**

**TAE-Telekommunikationsanschlusseinheit**

**UAE-Universal-Anschluss-Einheit**

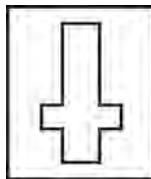
# TAE - Telekommunikationsanschlusseinheit

Das Ministerium für das Post- und Fernmeldewesen (vor der Liberalisierung des Telekommunikationsmarktes im Jahr 1998) führte ein einheitliches Anschlussystem für Telefone und Zusatzgeräte (Anrufbeantworter, Fax, Modem) ein. Das damals beschlossene Telekommunikationsanschlussystem sollte folgende Funktionen erfüllen:

- Bundesweite einheitliche Anschlussnorm für die auf dem freien Markt für den Anschluss zugelassene Endgeräte.
- Gewährleistung eines funktionsfähigen Anschlusses, auch für den fernmeldetechnischen Laien.
- Verhinderung einer versehentlichen Parallelschaltung von Telefonen.
- Funktionsprüfung des Anschlusses (PPA), auch wenn kein Endgerät gesteckt ist.

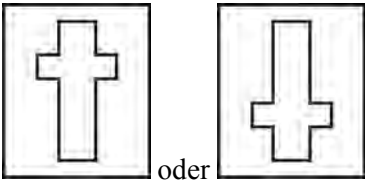
## F- und N-Codierung

Für den Anschluss von Telefonen (Fernsprechapparate) werden die Buchsen und Stecker mit F-Codierung verwendet. Für den Anschluss von Zusatzeinrichtungen (Modem, Fax, Anrufbeantworter) werden die Buchsen und Stecker mit N-Codierung verwendet. Das N-codierte Endgerät hat dafür Sorge zu tragen, dass die ankommenden Kontakte durchgeschaltet werden. F- und N-Stecker/Buchsen unterscheiden sich nur durch eine bauliche Verformung.



**N-codierte Buchse**      **F-codierte Buchse**

## Anschlussbelegung der N- und F-codierten Dose

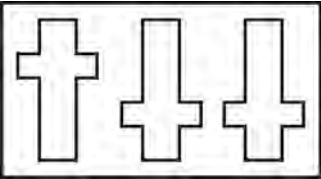
1	2	3	4	5	6
La/a1	Lb/a2	E	W	b2	a2
					

An die Klemmen 1 und 2 wird die kommende Leitung angeschlossen. Beim Anschluss an einer Nebenstellenanlage, wird der Beidraht des Installationskabels auf Klemme 4 angeschlossen. Der Beidraht dient zur Amtholung und Rückfrage über Erde (IWF/MFV, Erde). Dies gilt aber nur bei alten Telefonanlagen, die zur Amtsholung und zum Verbinden zwingend die Erde benötigen.

An der Klemme 3 kann ein Zweitwecker angeschlossen werden (mit Klemme 2).

Über die Klemmen 5 und 6 kann die Leitung abgehend auf eine andere TAE-Dose geschaltet werden. Die Dose schaltet aber nur durch, wenn kein Telefon gesteckt ist.

## Anschlussbelegung der NF/F-codierten Dose

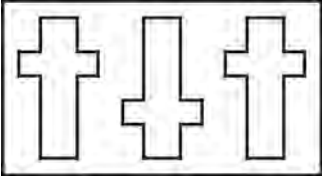
1	2	3	4	5	6
La/a1	Lb/a2	E	W	b2	a2
					
a2	b2	W	E	Lb/a2	La/a1
6	5	4	3	2	1

Bei der NF/F-Dose handelt es sich um eine N- und eine F-codierte Buchse, die hintereinander geschaltet sind. Zusätzlich kann noch ein zweites Endgerät (Telefon) an der rechten Buchse, über ein separates Adernpaar an der unteren Anschlussleiste angeschlossen werden.

Typischerweise werden an solchen NF/F-TAE-Dosen ein Telefon mit Anrufbeantworter angeschlossen. Zusätzlich wäre auch ein Fax oder Modem an der N-codierten Buchse möglich.

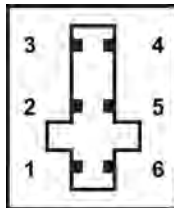
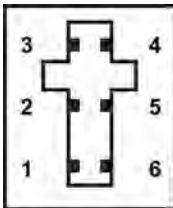
### Anschlussbelegung der NFN-codierten Dose

1	2	3	4	5	6
La/a1	Lb/a2	E	W	b2	a2



Das ist eine TAE-Dose, wie sie typischerweise in Wohnungen für den Telefonanschluss eingebaut ist. Bei der NFN-Dose handelt es sich um zwei N- und eine F-codierte Buchse, die hintereinander geschaltet sind. Die Reihenfolge ist N-Buchse links, N-Buchse rechts und dann F-Buchse in der Mitte.

### Anschlussbelegung der TAE-Stecker



N-codierter Stecker

F-codierter Stecker

Die Anschlussklemmen 3 und 4 unterliegen keiner Norm. Aus diesem Grund können diese auch vertauscht sein.

<b>Anschluss</b>	<b>Bedeutung</b>		<b>F-Stecker</b>	<b>N-Stecker</b>
1	La / a1	a-Leitungsader	weiß	weiß
2	Lb / b1	b-Leitungsader	braun	braun
3	W	Externer Wecker/Klingel	grün	-
4	E	Erde für Nebenstelle	gelb	-
5	b2	b-Leitungsader vom Gerät zurück	-	gelb
6	a2	a-Leitungsader vom Gerät zurück	-	grün

## UAE - Universal-Anschluss-Einheit

### ISDN-Anschluss-Einheit (IAE) / Western-Anschlusstechnik / Modular-Steckverbinder

Alle 4 Bezeichnungen (UAE, IAE, Western, Modular) gelten praktisch für ein und das selbe Anschlusssystem. Das IAE-Anschlusssystem für den ISDN-S0-Bus hat zwei Abschlusswiderstände (100 Ohm) integriert und beim Anschluss an ein Installationskabel muss auf die Beschriftung der Anschlussklemmen geachtet werden.

Die Western-Anschlusstechnik ist das Anschlusssystem der Gegenwart und der Zukunft. Das einzige was störend ist, dass es keine richtige Normung gibt. Für jedes Endgerät gibt es praktisch eine andere Anschlussbelegung.

# Installationsplan

	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.
		S								
		1								
		2	1							
	ws	3	2	1	E	W	b	c	a2	
	rt	4	3	2	a	a	E	a	a1	a
	sw	5	4	3	b	b	W	b	b1	b
	ge	6	5	4	W	E	a	d	b2	
		7	6							
		8								

1. Adernfarbe des Installationskabels I-Y (St) Y 2 x 2 x 0,6
2. Klemmenbezeichnung 8 polig
3. Klemmenbezeichnung 6 polig
4. Klemmenbezeichnung 4 polig
5. analoges Terminal (internationale Norm)
6. analoges Terminal (Siemens)
7. analoges Terminal (DTAG)
8. Systemterminal
9. S0 - ISDN (Abschlusswiderstände zwischen 4 und 5 sowie zwischen 3 und 6)
10. U<sub>p0</sub>-Terminal

Erde (E) wird nur noch bei älteren Nebenstellenanlagen zur Amtsholung und zum Verbinden verwendet. Wecker (W) wird für Zweitwecker benötigt, um den Wecker beim Abheben des Hörers aus dem Sprechkreis herauszuschalten. Inzwischen gibt es auch Zeitwecker, die einfach parallel zur a- und b-Ader geschaltet. Die braucht man auch, weil bei vielen Telefonen der W-Anschluss nicht mehr beschaltet ist. Üblicherweise werden billige Telefone nur noch mit a- und b-Ader hergestellt.

# Kommunikationstechnik-Fibel



Die Themen dieses Buches sind Grundlagen der Kommunikationstechnik, Netze, Mobilfunk, Breitband und Next Generation Network.

Die Kommunikationstechnik-Fibel ist kein Lehrbuch im klassischen Sinne. Es ist als Ergänzung zu einer schulischen oder betrieblichen Ausbildung gedacht. Es soll Lücken schließen und Verständnis für komplexe Sachverhalte in der Kommunikationstechnik bringen.

Die Arbeit mit diesem Buch soll dem Schüler oder Azubi ein klareres Verständnis und eine deutlich bessere Leistung ermöglichen.

**Format:** 14,8 x 21 cm (A5)

**Seiten:** 320

**Auflage:** 2. Auflage vom Oktober 2008

<http://www.kommunikationstechnik-fibel.de/>

## Elektronik-Fibel



<http://www.elektronik-fibel.de/>

## Computertechnik-Fibel



<http://www.computertechnik-fibel.de/>

## Netzwerktechnik-Fibel



<http://www.netzwerktechnik-fibel.de/>