



EUROPA-FACHBUCHREIHE  
für elektrotechnische  
und elektronische Berufe

# Informationstechnik, Kommunikation, Neue Netze

9. Auflage

Herausgegeben von Bernhard J. Hauser

VERLAG EUROPA-LEHRMITTEL · Nourney, Vollmer GmbH & Co. KG  
Düsselberger Straße 23 · 42781 Haan-Gruiten

**Europa-Nr.: 36217**

Autoren von Informationstechnik, Kommunikation, Neue Netze:

Christian Duhr	Studiendirektor	Rednitzhembach
Bernhard J. Hauser	Dipl.-Ing.	Bisingen
Gerd Siegmund	Prof. Dr.-Ing.	Stuttgart

Lektorat: Bernhard J. Hauser

Bildbearbeitung:

Zeichenbüro des Verlages Europa-Lehrmittel GmbH & Co. KG, Ostfildern

9. Auflage 2021

Druck 5 4 3 2 1

Alle Drucke der selben Auflage sind parallel einsetzbar, da sie bis auf die Korrektur von Druckfehlern identisch sind.

ISBN 978-3-8085-3947-7

Alle Rechte vorbehalten. Das Werk ist urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung außerhalb der gesetzlich geregelten Fälle muss vom Verlag schriftlich genehmigt werden.

© 2021 by Verlag Europa-Lehrmittel, Nourney, Vollmer GmbH & Co. KG, 42781 Haan-Gruiten  
[www.europa-lehrmittel.de](http://www.europa-lehrmittel.de)

Umschlag: braunwerbeagentur, 42477 Radevormwald  
Satz: Satz+Layout Werkstatt Kluth GmbH, 50374 Erftstadt  
Druck: UAB BALTO print, 08217 Vilnius (LT)

# Vorwort

Die Entwicklung der Kommunikationsnetze nimmt kein Ende. Im Gegenteil – die Netze entwickeln sich immer rascher. Vom analogen Telefonnetz haben sie sich über gemultiplexte Netze bis zu den heutigen Hochgeschwindigkeits-Datennetzen weiterentwickelt. Lag der Fokus lange Zeit auf der Telefonie, kam mit der Zeit auch die Datenkommunikation hinzu. Mittlerweile sind wir bei hocheffizienten Datennetzen angelangt – die quasi nebenher auch noch der Telefonie dienen. Der Fokus hat sich grundlegend verändert.

Die Grenze zwischen lokalen Netzen (LANs) und Fernverkehrsnetzen (WANs) verschwimmt zunehmend.

Die Glasfaser hat als neues Leitungsmedium die Kupferleitung in LANs und in WANs bereits teilweise ersetzt. Als Anschlussleitung, also die letzten Meter von einem Netzwerkknoten bis zum Endgerät, wird größtenteils noch Kupfer eingesetzt. Die Zahl der mobilen Endgeräte steigt stetig, wodurch diese letzte Strecke Kupfer immer mehr durch Funkanbindung ersetzt wird.

In diesem Buch werden Grundlagen der Elektrotechnik und Elektronik soweit behandelt, dass eine gute Basis für weitergehende Inhalte vorhanden ist. Das gleiche gilt für den Aufbau von Rechnern und Speichern. Die Grundlagen der Übertragungsnetze bereiten auf die großen Themengebiete Weitverkehrsnetze und lokale Netzwerke vor.

Die inhaltliche Konzeption des Buches ist so angelegt, dass es auch über den Berufsschulunterricht hinaus als Fachinformation verwendet werden kann.

Die geltenden Normen für Fachbegriffe, Bezeichnungen und Schaltzeichen wurden beachtet. Die dargestellten Sachverhalte wurden in Wort und Bild so beschrieben, dass sie auch im Selbststudium erarbeitet werden können. Dies betrifft insbesondere die Themen, die im Unterricht nicht in diesem Umfang behandelt werden können. Teilweise sind am Ende der Kapitel Übungsaufgaben zum Repetieren und Vertiefen des Stoffes enthalten. Die Lösungen dazu sind online verfügbar. Sie können auf der Verlags-Homepage [www.europa-lehrmittel.de](http://www.europa-lehrmittel.de) heruntergeladen werden. In dieser 9. Auflage wurden einige neue Themen eingearbeitet und ältere Inhalte entfernt. Neu hinzu gekommen ist u. a. ein Kapitel über 5G-Netze und IP-Telefonie. Auch die Virtualisierung und Clouddienste haben Eingang gefunden.

Autoren und Verlag sind allen Anwendern dieses Fachbuches dankbar für Hinweise und Anregungen, damit die künftige Entwicklung und Anpassung des Buches auch weiterhin gelingt. Schreiben Sie uns unter [lektorat@europa-lehrmittel.de](mailto:lektorat@europa-lehrmittel.de).

Sommer 2021

Die Verfasser

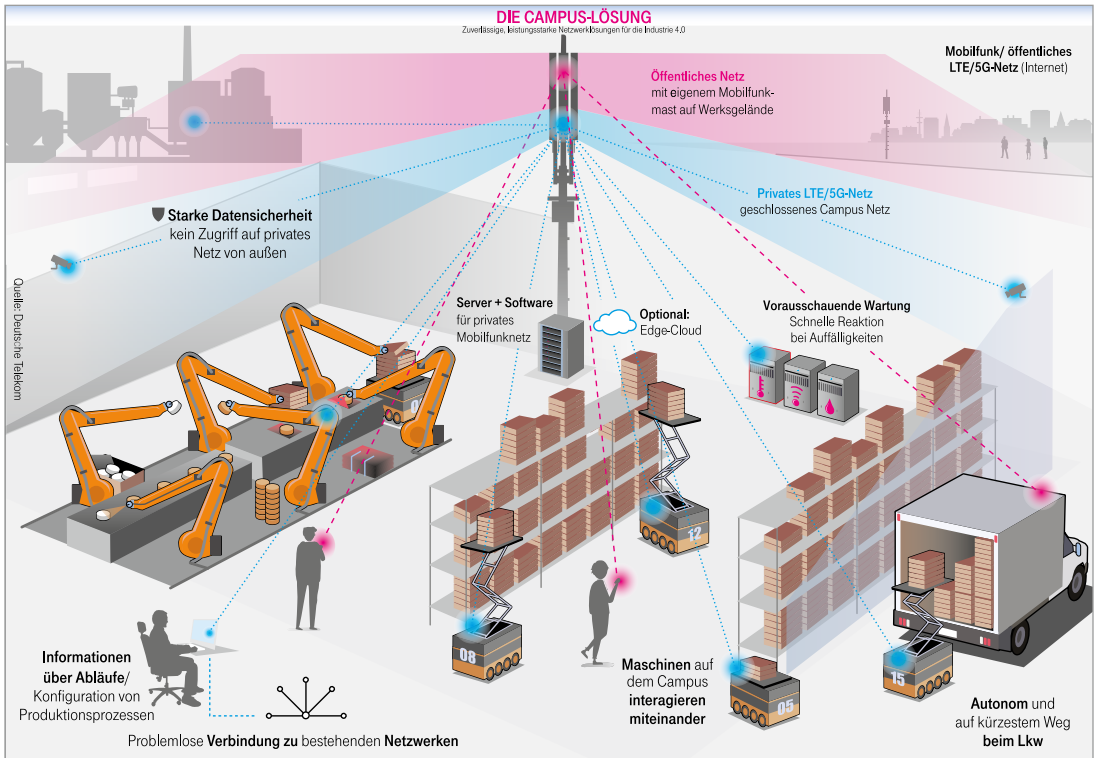
# Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Grundlagen</b> .....	9	<b>2</b>	<b>Digitaltechnik</b> .....	49
<b>1.1</b>	<b>Informationsübertragung und Energieversorgung</b> .....	9	<b>2.1</b>	<b>Einführung in die Digitaltechnik</b>	49
<b>1.2</b>	<b>Elektrischer Stromkreis</b> .....	12	<b>2.2</b>	<b>Kombinatorische Elemente</b> .....	49
1.2.1	Elektrische Größen .....	13	2.2.1	UND-Element .....	50
1.2.2	Ohmsches Gesetz .....	15	2.2.2	ODER-Element .....	51
1.2.3	Arbeit, Leistung und Wirkungsgrad	16	2.2.3	NICHT-Element .....	52
1.2.4	Reihenschaltung .....	16	2.2.4	NAND-Element (NOT-AND) .....	53
1.2.5	Reale Spannungsquelle .....	17	2.2.5	NOR-Element (NOT-OR) .....	53
1.2.6	Parallelschaltung .....	18	<b>2.3</b>	<b>Schaltalgebra</b> .....	55
1.2.7	Spannungsteiler und Brückenschaltung .....	19	2.3.1	Rechenregeln .....	55
1.2.8	Anpassung .....	20	2.3.2	Gesetz von De Morgan .....	56
1.2.9	Übertragen von Spannungen, Stromstärken und Widerstandswerten .....	21	2.3.3	Anwendungsbeispiele .....	57
1.2.10	Betriebsspannungsversorgung .....	22	<b>2.4</b>	<b>Zahlensysteme</b> .....	58
1.2.11	Gleich-, Wechsel und Mischspannungen .....	24	2.4.1	Dezimalsystem .....	58
1.2.12	Sinus- und nichtsinusförmige Spannungen .....	24	2.4.2	Dualsystem .....	59
<b>1.3</b>	<b>Bausteine zur Signalverarbeitung</b> .....	25	2.4.3	Oktal- und Sedezimalsystem .....	59
1.3.1	Kondensator .....	25	2.4.4	Umwandlung: Dezimalzahlen in Dualzahlen .....	60
1.3.2	Spule .....	29	2.4.5	Rechnen mit Dualzahlen .....	61
1.3.3	Tiefpass, Hochpass und Bandpass ..	31	<b>2.5</b>	<b>Binärcodes</b> .....	62
1.3.4	Resonanzkreise .....	32	2.5.1	BCD-Code (BCD: binär codierte Dezimalziffer) ..	62
1.3.5	Bandfilter .....	33	2.5.2	Gewichtete Codes .....	62
1.3.6	Transistor .....	34	2.5.3	Ungewichtete Codes .....	62
1.3.7	Operationsverstärker .....	35	2.5.4	Fehlererkennende Codes .....	63
<b>1.4</b>	<b>Optoelektronik</b> .....	37	<b>2.6</b>	<b>Grundlegende Schaltnetze</b> .....	64
1.4.1	Allgemeines zur Optoelektronik .....	37	2.6.1	Addierer .....	64
1.4.2	Empfänger-Bauelemente .....	37	2.6.2	Arithmetisch-Logische-Einheit (ALU) .....	66
1.4.3	Emitter-Bauelemente .....	38	2.6.3	Äquivalenz-Element (lat.: Gleichwertigkeit) .....	67
<b>1.5</b>	<b>Installation elektrischer Betriebsmittel</b> .....	40	2.6.4	Pseudotetraden-Erkennen .....	67
1.5.1	Erzeugung und Verteilung elektrischer Energie .....	40	2.6.5	Zahlen-Komparator .....	68
1.5.2	Dokumentationsunterlagen für die Elektroinstallation .....	41	2.6.6	Bustreiber, 3-state-Treiber .....	69
1.5.3	Schutzmaßnahmen .....	43	<b>2.7</b>	<b>Codierer</b> .....	70
1.5.4	Bemessung von Leitungen und Sicherungen .....	46	2.7.1	Dezimal-BCD(8421)-Codierer .....	70
1.5.5	Prüfen von Schutzmaßnahmen .....	47	2.7.2	BCD(8421)-Dezimal-Codierer .....	71
1.5.6	Projekt: Installation einer Energieversorgung für 24 PCs .....	48	2.7.3	Binär-Gray-Codierer .....	72
			<b>2.8</b>	<b>Multiplexer, Demultiplexer</b> .....	73
			2.8.1	Multiplexer (MUX) .....	74
			2.8.2	Demultiplexer (DMUX) .....	74

<b>2.9</b>	<b>Bistabile Elemente, Flipflops</b> . . . . .	75	<b>3</b>	<b>Arbeitsplatzrechner</b> . . . . .	108
2.9.1	RS-Flipflop . . . . .	75	<b>3.1</b>	<b>Allgemeines</b> . . . . .	108
2.9.2	D-Flipflop . . . . .	77	3.1.1	Möglichkeiten der Vernetzung . . . . .	108
2.9.3	Einflankengesteuerte Flipflops . . . . .	78	3.1.2	Aufbau eines Arbeitsplatzrechners . . . . .	109
2.9.4	Umwandlung von Flipflops . . . . .	79	<b>3.2</b>	<b>PC-Gehäuseformen</b> . . . . .	110
2.9.5	Zweisppeicher-Flipflop (Master-Slave-Flipflop) . . . . .	80	3.2.1	Stationäre Geräte . . . . .	110
2.9.6	Codeumsetzer . . . . .	81	3.2.2	Mobile Geräte . . . . .	110
<b>2.10</b>	<b>Zählschaltungen</b> . . . . .	82	<b>3.3</b>	<b>Aufbau eines Arbeitsplatzrechners</b> . . . . .	111
2.10.1	Asynchron-Zähler . . . . .	82	3.3.1	Mikroprozessor (CPU) . . . . .	111
2.10.2	Synchron-Zähler . . . . .	84	3.3.2	Hauptplatine (Motherboard, Mainboard) . . . . .	112
2.10.3	Integrierte Zählschaltungen . . . . .	85	3.3.3	Kenngößen . . . . .	113
<b>2.11</b>	<b>Register</b> . . . . .	87	3.3.4	Chipsatz . . . . .	114
2.11.1	Schieberegister . . . . .	87	3.3.5	Arbeitsspeicher . . . . .	115
2.11.2	Parallel-Seriell-Umsetzer . . . . .	89	3.3.6	Interne Bussysteme . . . . .	117
2.11.3	Seriell-Parallel-Umsetzer . . . . .	90	<b>3.4</b>	<b>Eingabe und Ausgabe</b> . . . . .	118
2.11.4	Scrambler, Descrambler . . . . .	90	3.4.1	Tastatur . . . . .	118
2.11.5	Latch . . . . .	92	3.4.2	Maus . . . . .	119
<b>2.12</b>	<b>Rechenwerke</b> . . . . .	92	3.4.3	Touchpad . . . . .	119
2.12.1	Serielles Addierwerk . . . . .	92	3.4.4	TrackPoint . . . . .	119
2.12.2	Serielles Subtrahierwerk . . . . .	93	3.4.5	Periphere Schnittstellen . . . . .	119
2.12.3	Serielles Multiplizierwerk . . . . .	95	3.4.6	Grafikkarten . . . . .	122
2.12.4	Paralleler Addierer . . . . .	96	3.4.7	Monitore . . . . .	123
<b>2.13</b>	<b>Digital-Analog-Umsetzer</b> . . . . .	97	3.4.8	Möglichkeiten der Eingabe-Ausgabe-Kommunikation . . . . .	124
2.13.1	DA-Umsetzer mit gestuften Widerständen . . . . .	97	<b>3.5</b>	<b>Massenspeicher</b> . . . . .	124
2.13.2	DA-Umsetzer mit Widerstandskettenleiter/R2R-Netzwerk . . . . .	98	3.5.1	Festplatten . . . . .	124
<b>2.14</b>	<b>Analog-Digital-Umsetzer</b> . . . . .	100	3.5.2	Partitionieren und Formatieren . . . . .	125
2.14.1	AD-Umsetzer mit Widerstandsnetzwerk . . . . .	100	3.5.3	Anschlüsse von Festplatten . . . . .	128
2.14.2	AD-Umsetzer nach dem Sägezahnverfahren . . . . .	101	3.5.4	RAID-Systeme . . . . .	129
2.14.3	AD-Umsetzer nach dem Wägeverfahren . . . . .	102	3.5.5	Optische Aufzeichnungssysteme . . . . .	131
2.14.4	AD-Umsetzer nach dem Parallelverfahren . . . . .	103	<b>4</b>	<b>Übertragungsnetze</b> . . . . .	133
2.14.5	AD-Umsetzung durch Delta-Modulation . . . . .	103	<b>4.1</b>	<b>Übertragungstechnik</b> . . . . .	134
<b>2.15</b>	<b>Halbleiterspeicher</b> . . . . .	104	4.1.1	Informationstechnische Grundlagen . . . . .	134
2.15.1	Festwertspeicher . . . . .	104	4.1.2	Übertragungsverfahren . . . . .	135
2.15.2	Schreib-Lese-Speicher . . . . .	105	4.1.3	Übertragungswege . . . . .	136
<b>2.16</b>	<b>Rechnerarchitektur</b> . . . . .	106	4.1.4	Signalarten . . . . .	136
2.16.1	Von-Neumann-Architektur . . . . .	106	4.1.5	Elektroakustik . . . . .	137
2.16.2	Harvard-Architektur . . . . .	106	<b>4.2</b>	<b>Leitungsgebundene Signalübertragung</b> . . . . .	143
2.16.3	Mikrocontroller-Architektur . . . . .	106	4.2.1	Übertragungskabel mit Kupferadern . . . . .	143

4.2.2	Lichtwellenleiterkabel (LWL-Kabel) . . . . .	146	5.3.4	Verbindungssteuerung mit dem Signalisierungs-Protokoll SIP (Session Initiation Protocol) . . . . .	235
4.2.3	Kabelnetzaufbau . . . . .	149	5.3.5	Architekturen der öffentlichen Netze . . . . .	251
4.2.4	Grundgrößen einer Leitung . . . . .	150	<b>5.4</b>	<b>WAN-Netzarchitekturen . . . . .</b>	<b>254</b>
4.2.5	Dämpfung auf Leitungen . . . . .	161	<b>5.5</b>	<b>TeraStream . . . . .</b>	<b>255</b>
4.2.6	Pegel . . . . .	164	<b>5.6</b>	<b>5G-Campusnetze . . . . .</b>	<b>256</b>
4.2.7	Übertragungsstörungen . . . . .	166	5.6.1	Die 5G-Architektur . . . . .	257
<b>4.3</b>	<b>Mehrfachausnutzung von Übertragungswegen . . . . .</b>	<b>172</b>	5.6.2	Luftschnittstellen . . . . .	258
4.3.1	Verfahren zur Mehrfachausnutzung . . . . .	173	5.6.3	Ein privates 5G-Netz . . . . .	259
4.3.2	Modulationsverfahren . . . . .	174	5.6.4	Private Unternehmen als Mobilfunknetzbetreiber . . . . .	260
4.3.3	Modulationsarten bei Sinusschwingungen . . . . .	175	<b>5.7</b>	<b>Zugangsnetze (Access) . . . . .</b>	<b>261</b>
4.3.4	Modulationsarten bei Pulsfolgen . . . . .	178	5.7.1	Asymmetrical Digital Subscriber Line (ADSL) . . . . .	262
4.3.5	Wellenlängen-Multiplexverfahren WDM . . . . .	179	5.7.2	Very high bit rate Digital Subscriber Line (VDSL) . . . . .	262
4.3.6	Digitale Modulationsverfahren mit sinusförmigem Träger . . . . .	180	5.7.3	Vectoring . . . . .	263
4.3.7	Digitaler Teilnehmeranschluss ADSL . . . . .	181	5.7.4	Bonding . . . . .	264
4.3.8	Zeitmultiplex-Verfahren PCM . . . . .	182	5.7.5	Breitbandkabel-Anschlüsse . . . . .	266
4.3.9	Messtechnik . . . . .	186	5.7.6	LTE-Anschluss . . . . .	267
<b>4.4</b>	<b>Datenkommunikation mit dem Internet-Protokoll IP . . . . .</b>	<b>192</b>	5.7.7	Optische Zugangssysteme . . . . .	268
4.4.1	OSI-Referenzmodell und seine Protokolle . . . . .	192	5.7.8	Multi-Service Access Node (MSAN) . . . . .	269
4.4.2	TCP/IP-Referenzmodell und OSI . . . . .	193	5.7.9	Private Netze (TK-Anlagen) . . . . .	271
4.4.3	Internet-Transport-Protokoll TCP . . . . .	194	<b>6</b>	<b>Lokale Netze . . . . .</b>	<b>279</b>
4.4.4	TCP-Segment-Header (L4) . . . . .	195	<b>6.1</b>	<b>Grundlagen der lokalen Netze . . . . .</b>	<b>279</b>
4.4.5	User Datagram Protocol, UDP . . . . .	196	<b>6.2</b>	<b>Netzwerk-Topologien . . . . .</b>	<b>280</b>
4.4.6	Das Internet . . . . .	196	6.2.1	Bus . . . . .	280
4.4.7	Header des IP-Protokolls . . . . .	197	6.2.2	Stern . . . . .	281
4.4.8	IP-Adressen . . . . .	198	6.2.3	Ring . . . . .	281
4.4.9	Domain Name System DNS . . . . .	198	6.2.4	Masche . . . . .	281
<b>5</b>	<b>Weitverkehrsnetze . . . . .</b>	<b>199</b>	6.2.5	Linie . . . . .	281
<b>5.1</b>	<b>Einführung . . . . .</b>	<b>199</b>	6.2.6	Zell-Topologie . . . . .	281
<b>5.2</b>	<b>Transportnetz . . . . .</b>	<b>200</b>	6.2.7	Hybride Topologien . . . . .	282
5.2.1	Multiprotocol Label Switching (MPLS) . . . . .	200	6.2.8	Erweiterter Stern . . . . .	282
5.2.2	Software-defined Networking . . . . .	201	6.2.9	Logische und physikalische Topologie . . . . .	282
5.2.3	Data Center . . . . .	212	<b>6.3</b>	<b>Strukturierte Verkabelung . . . . .</b>	<b>283</b>
<b>5.3</b>	<b>Netze der nächsten Generation – NGN . . . . .</b>	<b>217</b>	<b>6.4</b>	<b>Schichtenmodelle . . . . .</b>	<b>283</b>
5.3.1	Grundlagen . . . . .	217	6.4.1	ISO/OSI-Modell . . . . .	283
5.3.2	IP Multimedia Subsystem IMS . . . . .	224	6.4.2	Schichten des OSI-Modells . . . . .	285
5.3.3	Übertragung von Echtzeitinformationen über NGN . . . . .	228	6.4.3	DoD- oder TCP/IP-Modell . . . . .	286

<b>6.5</b>	<b>Übertragungsmedien</b> .....	286	<b>6.8.2</b>	Bluetooth .....	293
6.5.1	Koaxial-Kabel .....	286	<b>6.8.3</b>	Li-Fi – ein kommender Standard? ...	293
6.5.2	Twisted-Pair-Kabel .....	286	<b>6.9</b>	<b>Netzwerkspeicher</b> .....	294
6.5.3	Netzwerkclassen und Netzwerkategorien .....	287	6.9.1	Network Attached Storage – NAS ..	294
6.5.4	Lichtwellenleiter (LWL) .....	288	6.9.2	Storage Area Network – SAN .....	294
<b>6.6</b>	<b>Ethernet</b> .....	290	<b>6.10</b>	<b>Virtualisierung im LAN</b> .....	294
<b>6.7</b>	<b>Netzkopplungen</b> .....	291	6.10.1	Servervirtualisierung .....	294
6.7.1	Repeater und Hub .....	291	6.10.2	Desktopvirtualisierung .....	295
6.7.2	Bridge und Switch .....	291	<b>6.11</b>	<b>Cloud-Dienste nutzen</b> .....	295
6.7.3	Router .....	292	<b>Sachwortverzeichnis</b> .....	297	
<b>6.8</b>	<b>Drahtlose Netzwerke</b> .....	292	<b>Glossar der Abkürzungen</b> .....	303	
6.8.1	WLAN/WIFI .....	292			



**Bild 1: Private 5G-Netze**

Die zugehörigen Server für die firmeninterne Network Slice (Edge Cloud) können ebenfalls direkt im eigenen Rechenzentrum auf dem Firmengelände untergebracht werden. Solche Lösungen verfügen dann typischerweise über kurze Paketlaufzeiten und hohe Übertragungsgeschwindigkeiten, weil weniger Netzelemente durchlaufen werden und diese mit hohen Geschwindigkeiten untereinander vernetzt sind.

#### 5.6.4 Private Unternehmen als Mobilfunknetzbetreiber

Bei der Vergabe der 5G-Lizenzen wurden firmeninterne Campus-Netze berücksichtigt. Damit können größere Unternehmen unabhängig von einem Betreiber eine eigene, firmeninterne 5G-Infrastruktur aufbauen. Große Technologieunternehmen, große Hafen- und Flughafenbetreiber sowie die Automobilkonzerne haben an solchen Lösungen ein großes Interesse. Mit einer eigenen 5G-Lizenz können die Firmen völlig unabhängig von den öffentlichen Netzbetreibern eigene Infrastrukturen mit eigenen Systemen realisieren. Die Hauptgründe für die gewünschte Unabhängigkeit sind:

- Die sensiblen Daten verlassen nie das Unternehmen und werden nur in der Unternehmensinfrastruktur gespeichert. Einen Zugang zu diesem Netz gibt es nur mit der passenden, speziellen SIM-Card.
- Eine größere Verfügbarkeit durch schnelles Reagieren auf lokale Störungen. Schnelle Reaktionszeit sowohl im Betrieb des Netzes als auch bei der Reaktionszeit für die Beseitigung von Störungen sind für die Unternehmen von sehr großer Bedeutung.



- Alle Prozesse des Aufbaus, Ausbaus und der Betrieb des Netzes bleiben in der Hand des jeweiligen Unternehmens.

Für die Vernetzung mit Partnern und Dienstleistern der Unternehmen sind diese immer noch auf die Dienste der öffentlichen Netzbetreiber angewiesen.

### Auswirkungen auf die Privatnetze

Welche Auswirkung hat die Einführung von 5G-Netzen und Dienstangeboten auf die Gestaltung der privaten Netze? Anders als UMTS (wurde 2021 abgeschaltet) und LTE ist 5G nicht nur ein öffentliches Netz für den Mobilfunk. Mit der 5G-Architektur können Unternehmen ein eigenes Mobilfunknetz für ihre Dienste von den Netzbetreibern bekommen. Mit Network Slicing können private Netze aus den Ressourcen der öffentlichen Netze separiert werden. Diese Netze sind dann völlig abgetrennt vom öffentlichen Netz und stehen nur den Teilnehmern des Unternehmens zur Verfügung. Die Netzeigenschaften können vom Unternehmen vorgegeben werden. Private 5G-Netze können besonders große Übertragungseigenschaften, besonders kurze Paketlaufzeiten haben und/oder eine sehr große Verfügbarkeit anbieten. Sie können aber auch für möglichst lange Batterielaufzeiten der angeschalteten Clients ausgelegt sein. Große Unternehmen können selbst als 5G-Betreiber auftreten und könnten beispielsweise Network Slices für Zulieferfirmen anbieten.

Mit 5G vermischen sich die Grenzen zwischen öffentlichen und privaten Netzen weiter. Bereits mit Software-defined Networking (SDN) können sehr großzügig Privatnetze in einem öffentlichen Netz bereitgestellt werden. In der Vernetzung zwischen den Standorten eines Unternehmens sind die Schnittstellen und Netzelemente des öffentlichen Netzes kaum mehr sichtbar. 5G basiert auf SDN und erweitert seine Möglichkeiten in den mobilen Bereich. SDN und 5G sind Werkbänke, um flexibel Netze mit den jeweiligen gewünschten Eigenschaften aus den Ressourcen der Netzbetreiber zu schneiden.

## 5.7 Zugangsnetze (Access) .....

Die Internet-Zugänge und die IP-basierten Zugänge des NGN im Festnetzbereich werden meist über xDSL-Anschlüsse realisiert. Unter dem Begriff xDSL werden die verschiedenen Angebote für den breitbandigen IP-Zugang zusammengefasst. Verbreitet sind die asymmetrischen Anschlüsse (*Asymmetrical Digital Subscriber Line – ADSL*) mit bis zu 16 Mbit/s und die Anschlüsse mit höherer Geschwindigkeit (*Very high bit rate Digital Subscriber Line – VDSL*) im Bereich von 25 oder 50 Mbit/s. Mehrere solcher DSL-Anschlüsse werden vom Netzanbieter in Vorfeld-Multiplexer (Digital Subscriber Line Access Multiplexer – DSLAM) zusammengefasst und dann mit hoher Geschwindigkeit an einen sog. Broadband Remote Access Server (BRAS) an ein Backbone-Netz herangeführt. Zwischen dem Kundenanschluss und dem BRAS werden für ADSL häufig Gigabit-Ethernet-Schnittstellen (z.B. 10 GE) verwendet, bei VDSL wird zunehmend Ethernet mit VLAN-Kennungen für die Kennzeichnung von IP-TV-Angeboten eingesetzt. Durch den BRAS erfolgt der Übergang in das Transportnetz (meist ein MPLS-Backbone-Netz) des jeweiligen Anbieters.

Ursprünglich wurden die verlegten Kupferdoppeladern des Fernsprechnetzes für die Übertragung von Signalen zwischen 300 und 3400 Hz ausgelegt, aber mit dem Einsatz entsprechender Technik auf beiden Übertragungsseiten können diese Leitungen eine erstaunliche Bandbreite transportieren. Da sie bereits in jedem Haushalt mit dem analogen Telefon ins Haus kamen, ist es entsprechend interessant, diese Kabel für breitbandige Anwendungen zu nutzen. Die verschiedenen Techniken für die breitbandige Übertragung auf Kupferdoppeladern werden unter dem Oberbegriff *xDSL-Techniken* zusammengefasst; hierzu gehören u. a. ADSL und VDSL.

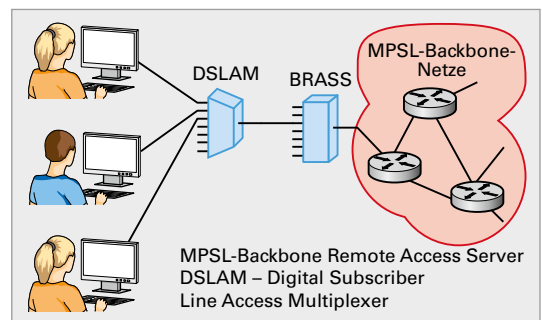


Bild 1: Der DSL-Internet-Anschluss

Anschlüssen viel mehr Leistungsmerkmale, die nicht standardisiert sind und meistens herstellerspezifisch realisiert werden. Am Übergabepunkt, an der Schnittstelle zwischen dem öffentlichen und dem privaten Netz, müssen die Leistungsmerkmale auf das jeweils andere Protokoll umgesetzt werden, das gelingt nicht immer. Viele Leistungsmerkmale der TK-Anlagen können im öffentlichen Netz durch die genormten Protokolle nicht unterstützt werden.

### TK-Anlagen am NGN

Für die privaten Netze gibt es keine festen Vorgaben für die Realisierung von Kommunikationsnetzen auf der Basis des Internetprotokolls. Die öffentlichen Netze orientieren sich an den Vorgaben der jeweiligen Standardisierungsgremien. Für die mobilen Netze ist dies vor allem die Standardisierung für UMTS durch die 3GPP, für die Festnetze ist es die ITU-T, die die Standards veröffentlicht. Nur die IETF-Festlegungen gelten auch in Privatnetzen. Durch die IETF werden meist aber nur Protokolle definiert, nicht deren Verwendung in bestimmten Architekturen. Speziell im Bereich von SIP gibt es zwischen der IETF und der ITU-T durchaus unterschiedliche Sichtweisen. Grundsätzlich sind die Realisierungen in Privatnetzen nicht so streng und eng definiert wie in den großen öffentlichen Netzen.

### Protokollvielfalt

Die Protokollvielfalt und die Varianten der verwendeten Architekturen sind in den Privatnetzen viel größer als in den öffentlichen Systemen. Teilweise werden auch gezielt proprietäre Protokolle eingesetzt, um damit spezielle oder sehr komplexe Leistungsmerkmale in diesen Netzen zu realisieren. Durch den Einsatz dieser Protokolle können dann nur Endgeräte eines bestimmten Herstellers im Netz eingesetzt werden, was durchaus im Sinne der Hersteller ist. Auf der anderen Seite ist das Argument der Hersteller, dass viele der Leistungsmerkmale, die in privaten Netzen erforderlich sind, von der Standardisierung nicht berücksichtigt werden. Das ist sicher zutreffend, man kann und will in der Standardisierung auch gar nicht alle Leistungsmerkmale bis ins Kleinste festlegen. Neben den Grundfunktionen wird es auch noch Implementierungsunterschiede zwischen den Herstellern und verschiedene Lösungsansätze für bestimmte Kundenprobleme geben. In klassischen TK-Anlagen waren bereits über 4000 verschiedene Leistungsmerkmale üblich.

### Lokalisation der TK-Anlage im Netz

Der SIP-Server kann an beliebiger Stelle im Netz sein, auch auf dem Gelände des TK-Anlagenbetreibers. Diese Konfiguration entspricht dann genau der einer klassischen TK-Anlage. Das Hersteller-spezifische Protokoll bietet dann die erweiterten Leistungsmerkmale im Privatnetz an und bildet einen definierten Übergang zum öffentlichen Netz, dies entspricht einem klassischen Trunk.

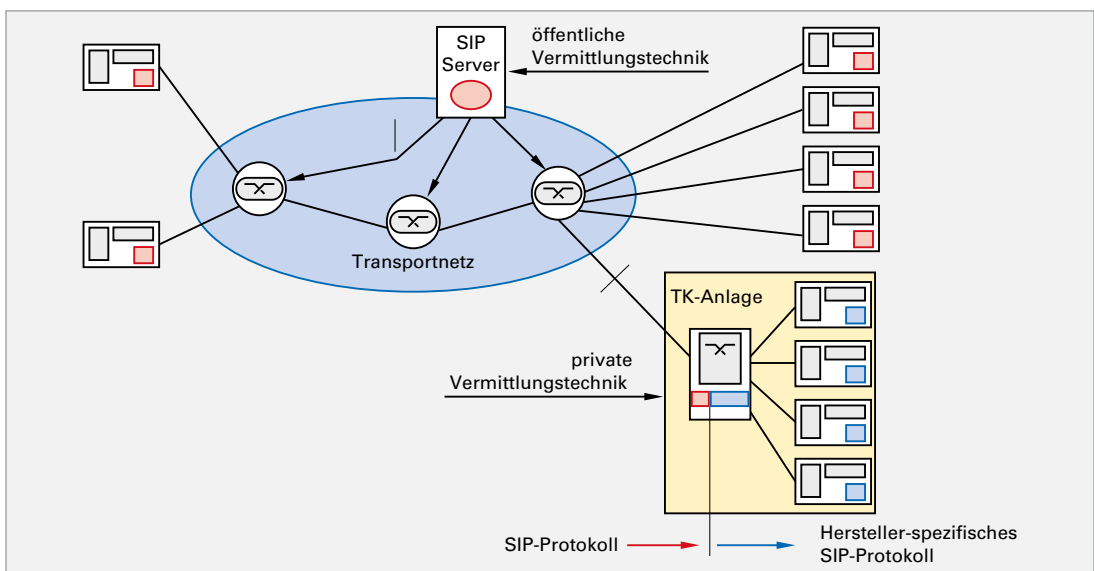
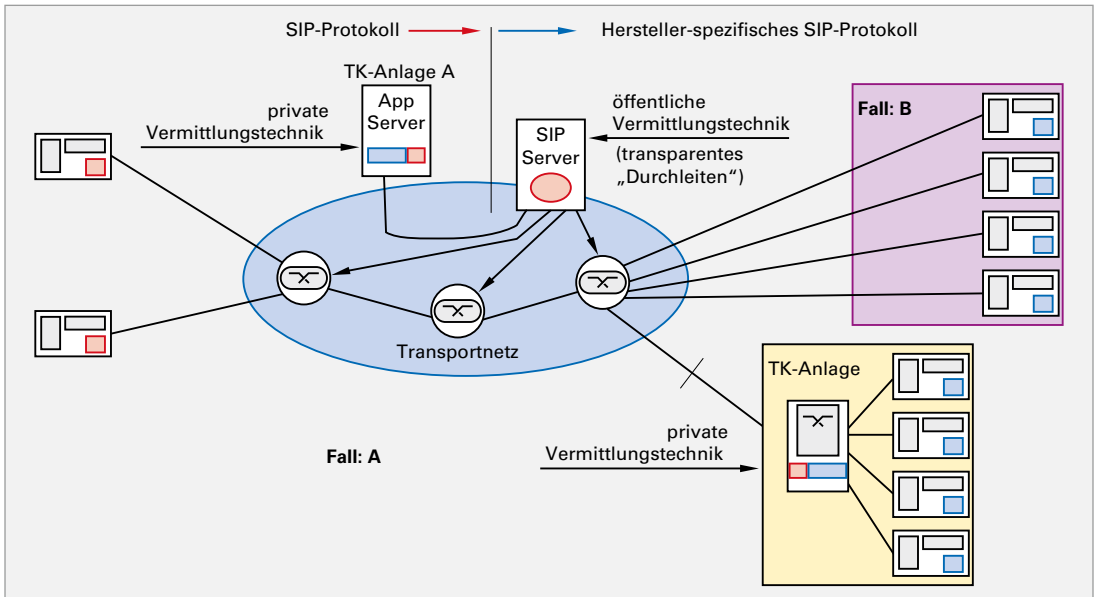


Bild 1: SIP-TK-Anlage beim Kunden

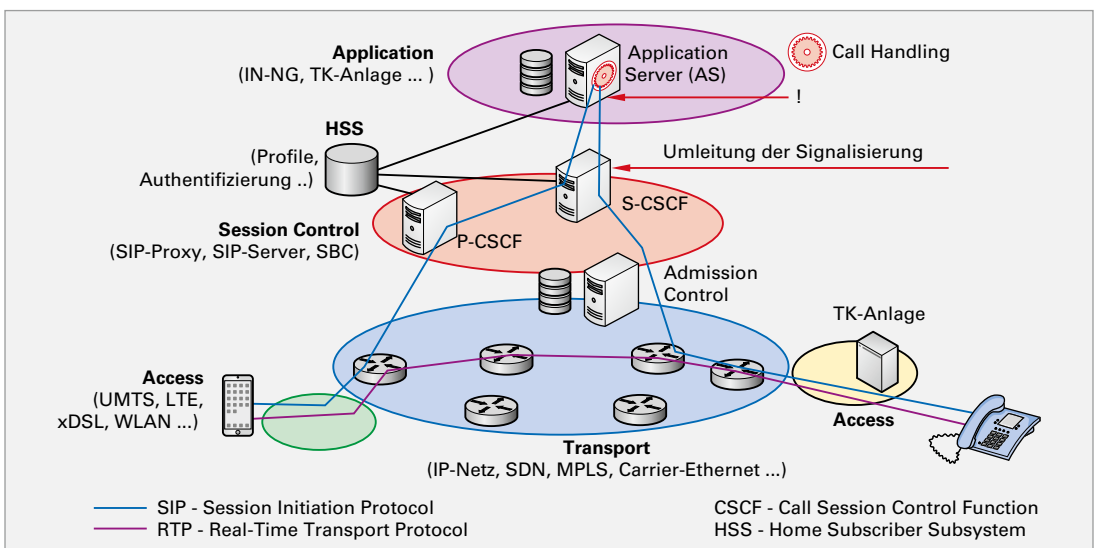


**Bild 1: Die virtuelle SIP-TK-Anlage im Netz**

### Die Virtuelle TK-Anlage

Der SIP-Server kann auch beim Netzanbieter oder extern des Netzes bei einem Dienstanbieter lokalisiert sein. Dieser SIP-Server stellt dann eine virtuelle TK-Anlage oder eine Cloud-basierte TK-Anlage dar. Die Terminals, die zu dieser TK-Anlage gehören, registrieren sich an diesem Server und können damit die Hersteller-spezifischen Protokolle austauschen. Das öffentliche Netz lässt diesen transparenten Transport der sehr speziellen SIP-Nachrichten zu. Wenn dieser Service im Netz bekannt ist, und der Betreiber dies anbietet, können die Verbindungen auch mit QoS ausgestattet werden.

Der Übergang zwischen dem privaten und dem öffentlichen Netz ist in dieser Architektur zwischen dem SIP-Server des öffentlichen Netzes (Call Session Control Function – CSCF) und dem Application-Server – also mitten im öffentlichen Netz.



Wie oben dargestellt ist eine solche Architektur in IMS ausdrücklich durch den Application Server vorgegeben. Die SIP-Server des öffentlichen Netzes leiten die SIP-Nachrichten aufgrund eines entsprechenden Eintrags im HSS, der Teilnehmer-Datenbank, an den zuständigen SIP-Server weiter. Für das Netz ist die TK-Anlagen-Funktion eine Applikation.

### QoS-Anforderungen

Die QoS-Anforderungen sind innerhalb von Privatnetzen zwar überschaubarer als in den großen, öffentlichen Netzen; dieses Thema kann aber auch nicht vernachlässigt werden. In kleineren Unternehmen kann eine einfache Bevorzugung der Sprachdaten mit DiffServ ausreichend sein, in größeren Verhältnissen kann aber, wie in den großen Netzen, MPLS zum Einsatz kommen. Eine Alternative bildet VLAN, hiermit können einzelne Terminals verschiedenen VLAN zugeordnet werden, denen wiederum eigene QoS-Definitionen entsprechen. Die Priorisierung kann auch per verwendeten Ethernet Port erfolgen, dann wird es allerdings schwer, die Anwendungen, wie „Unified Communication“ (UCC), am PC zu unterscheiden, mit dem gleichen Gerät kann man sowohl im Internet surfen und ein Softphone für VoIP starten. Die RSVP-Technik hat sich nicht so stark verbreitet.

In Privatnetzen können zur Einhaltung bestimmter Vorgaben QoS-Maßnahmen ergriffen werden, es ist in diesen Netzen aber nicht vorgeschrieben. Häufig werden in den privaten Netzen voreingestellte QoS-Eigenschaften genutzt. Beispiele für solche Realisierungsmöglichkeiten sind:

- Eigene Verbindungsleitungen oder Festverbindungen bekannter, fester Bandbreite zur exklusiven Nutzung.
- VLAN-Vorgaben und vorrangige Behandlung bestimmter Ports oder Anwendungen.
- MPLS-Vorgaben für VoIP-Anwendungen mit gesicherten Eigenschaften.

### SIP-Trunking

Der englische Begriff „Trunk“ bezeichnet in Kommunikationssystemen eine Verbindungsleitung zwischen Netzknoten, unabhängig von der verwendeten Technik. Die Netzknoten können dabei zu unterschiedlichen oder der gleichen Netzebene gehören. Unter SIP-Trunking kann man unterschiedliche Anwendungen verstehen:

- einen SIP-Anschluss zum öffentlichen Netz an einer SIP-basierten TK-Anlage,
- einen SIP-Anschluss an einer konventionellen ISDN-TK-Anlage oder
- einen SIP-Anschluss zwischen verschiedenen SIP-basierten TK-Anlagen.

Die Fälle 1 und 3 sind SIP-zu-SIP-Systeme, hier können entweder öffentlich unterstützte Leistungsmerkmale oder (häufiger) die Leistungsmerkmale der jeweiligen TK-Anlage über andere Netze verlängert werden. Der Fall 2 ist etwas komplizierter.

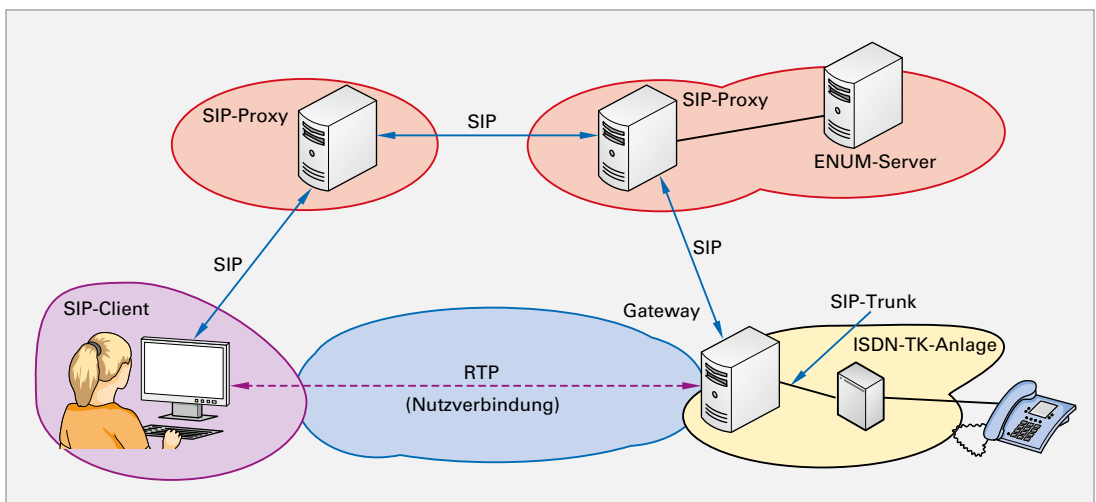


Bild 1: SIP-Trunking

Für die Audio-Übertragung werden von den SIP-Trunks meist die Codecs G.711a (G.711, PCM, A-Law, 3,4 kHz Bandbreite mit 64 kbit/s) und G.722 (7 kHz Bandbreite mit 64 kbit/s) unterstützt. Der Codec G.711 ist in allen VoIP-Anwendungen und NGN-Festlegungen vorgeschrieben und muss von allen Systemen unterstützt werden. Weitere, optionale Codecs werden nicht von allen SIP-Trunk-Anbietern unterstützt. Manche Codecs werden ggf. transparent an den gewählten B-Teilnehmer durchgereicht, bei der Telekom werden beispielsweise die Codecs G.711 $\mu$  (G.711, PCM,  $\mu$ -Law, 3,4 kHz Bandbreite mit 64 kbit/s), G.729 und der sog. „Clear Channel“ nach RFC 4040 an die gerufene Seite unverändert durchgereicht.

In manchen Trunk-Anbindungen ist die Anzahl der aktiven Verbindungen oder die insgesamt verwendete Bandbreite je eingerichteten Trunk begrenzt. Die insgesamt verwendete Bandbreite hängt von der Codec-Wahl ab. Ein HD-Codec benötigt mehr Bandbreite als der Standard-Codec G.711 oder ein GSM-Codec mit einer sehr geringen Bandbreite. Gleichzeitig hat die Wahl des Codecs aber direkte Auswirkungen auf die Verständlichkeit und die Qualität der Übertragung. Die Codec-Wahl ist zwar grundsätzlich eine Aushandlung direkt zwischen den Codecs, aber jeder Session Boarder Controller könnte grundsätzlich die Codec-Wahl beeinflussen, weil beispielsweise im Transitnetz nur bestimmte Codecs verwendet werden können oder freigegeben sind.

Sind die Anzahl der gleichzeitigen Verbindungen (Concurrent Calls) begrenzt, muss diese Grenze in der TK-Anlage auch überwacht werden. Wird die Anzahl der zulässigen Verbindungen überschritten, kann es zu vermehrtem Paketverlust und damit zu Verständigungsproblemen kommen.

### **Transport-Protokolle**

Die Signalisierung, basierend auf SIP, kann mit UDP oder TCP übertragen werden. Mit TCP gibt es zudem die Möglichkeit der gesicherten Übertragung mit dem TLS-Verfahren (Standard, der auch für bestimmte Web-Seiten oder Aktionen im Internet verwendet wird). Für SIP-Trunks wird oft TCP und TLS vom Anbieter vorgeschrieben.

Die Nutzinformationen werden mit RTP und dem Transportprotokoll UDP übertragen. Das TLS-Verfahren kann nur für TCP-Verbindungen eingesetzt werden. Viele Anbieter unterstützen aber neben RTP über UDP auch optional SRTP (Angebot in den SDP-Parametern), die gesicherte Variante von RTP.

## 6.6 Ethernet

In den Anfängen der Netzwerktechnik gab es mehrere Netzwerk-Technologien. IBM brachte ihren Token-Ring auf den Markt, HP das VGanylan. Arcnet und andere Techniken spielten für einige Jahre eine Rolle. Durch die Einfachheit und die leichte Skalierbarkeit auf höhere Übertragungsraten machte aber Ethernet das Rennen. Heute findet man so gut wie nichts anderes mehr.

Der Name Ethernet ist ein Kunstwort. Er ist entstanden aus den Wörtern „Äther“ (ether) als Übertragungsmedium und „Netz“ (net). Als Erfinder des Ethernet gilt Robert Metcalve, ein junger Doktorand an der Universität von Hawaii und späterer Gründer der Netzwerkfirma 3COM.

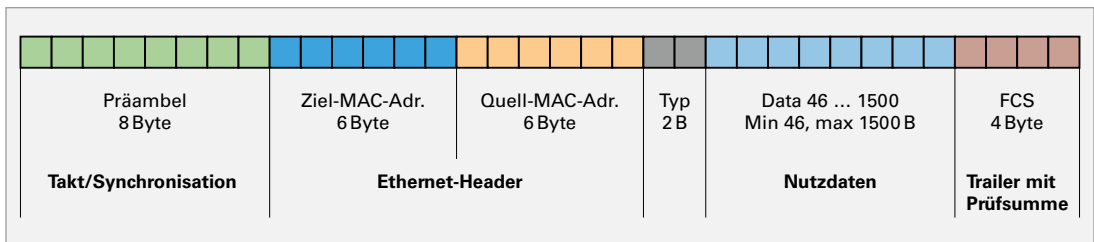
Das Ethernet wurde anfangs mit der Bus-Topologie mit Koaxialleitungen (10Base-2) aufgebaut. Da dies einfach und preiswert war, die Netzwerkkarten preiswert zur Verfügung standen, hat sich diese Technik durchgesetzt. Der Bus konnte einfach durch T-Stücke verlängert werden. Am ersten und letzten T-Stück befand sich der Abschlusswiderstand. Die Datenübertragungsrate betrug bei diesen Koaxialleitungen 10 Mbit/s.

10Base-T war der Nachfolger ebenfalls mit 10 Mbit/s, aber mit Twisted-Pair-Verkabelung und Stern-Topologie. Als Sternkoppler kamen Hubs und später Switches zum Einsatz.

Fast-Ethernet (100Base-T) war der Nachfolger mit einer Datenübertragungsrate von 100 Mbit/s. Theoretisch könnte man auch hier die Bustopologie einsetzen. Aber seit Fast-Ethernet wird ausschließlich die Stern-Verkabelung verwendet. Die verwendeten Leitungen sind Twisted-Pair-Leitungen.

Um größere Übertragungsstrecken zu überbrücken wurden schon frühzeitig Lichtwellenleiter eingesetzt.

Wurden 10 Mbit/s-Netzwerke noch über Hubs miteinander verbunden, so kommen seit Fast-Ethernet nur noch Switches zum Einsatz (siehe Kapitel 6.7).



**Bild 1: Aufbau des Ethernet-Frame**

Der Aufbau des Ethernet-Frames ist sehr einfach gehalten (siehe Bild 1). Nach einer 8 Byte langen Präambel aus wechselnden Bits (zum Synchronisieren des Empfängers) folgt die 6 Byte große Mac-Adresse des Ziel-Adapters, dann die 6 Byte große MAC-Adresse des Senders sowie 2 Byte Typkennung der Nutzdaten. Der gesamte Header enthält also 14 Byte an Overhead. Daran schließen sich dann die Nutzdaten mit einer Minimallänge von 46 Bytes und einer Maximallänge von 1500 Bytes an. Die Nutzlast besteht aus den Daten inklusive Header von Layer 3, also meist Internetprotokoll. Am Ende wird noch eine 4 Byte große Prüfsumme (FCS = Frame Check Sequence) angehängt. Der gesamte Overhead beträgt somit 18 Byte; bei einer Nutzdatengröße von 1500 Byte entspricht dies 1,2 % Overhead. Dieser Frameaufbau ist bei allen Ethernet-Technologien derselbe, unabhängig von der Geschwindigkeit.

Die folgende Tabelle gibt einen (unvollständigen) Überblick über die Ethernet Bezeichnungen und Übertragungsraten.

Bezeichnung	Übertragungsrate	Bemerkung
10Base-2	10 Mbit/s	„Cheapernet“, max. 185 m Leitungslänge
10Base-5	10 Mbit/s	Backbone-Koaxialkabel, max. 500 m Leitungslänge
10Base-T	10 Mbit/s	Twisted Pair, max. 100 m Leitungslänge
100Base-T	100 Mbit/s	Fast Ethernet, max. 100 m Leitungslänge
100Base-T1	100 Mbit/s	Fast Ethernet über ein ungeschirmtes Adernpaar, max. 30 m Leitungslänge
1000Base-T 1GBE	1 Gbit/s	Gigabit-Ethernet, max. 100 m Leitungslänge
1000Base-T1	1 Gbit/s	Fast Ethernet über ein geschirmtes Adernpaar, max. 30 m Leitungslänge
2,5GBE	2,5 Gbit/s	Höhere Übertragungsrate auf Verkabelungen, die für 1 Gbit/s ausgelegt waren
5GBE	5 Gbit/s	Höhere Übertragungsrate auf Verkabelungen, die für 1 Gbit/s ausgelegt waren
10GBE	10 Gbit/s	10 Gigabit-Ethernet
40GBE	40 Gbit/s	Schnelles Netz für Rechenzentren
100 GBE	100 Gbit/s	Schnelles Netz für Rechenzentren

Da nicht an allen Arbeitsplätzen 10 Gbit/s notwendig sind, wurden die beiden Durchsatzraten 2,5 Gbit/s und 5 Gbit/s später erst nachgeschoben, um auf Gigabit-Verkabelungen höhere Durchsatzraten möglich zu machen, ohne eine neue Verkabelung mit 10GBE-Technik installieren zu müssen.

## 6.7 Netzkopplungen

### 6.7.1 Repeater und Hub

Der Repeater frischt ein schwaches Netzwerksignal auf. Er stammt aus der Anfangszeit der Netzwerktechnik und musste nach 185 Metern Kabellänge eingebaut werden. Ein schwaches Eingangssignal am Eingang eines Repeaters steht am Ausgang wieder mit vollem Pegel zur Verfügung. Durch einen Repeater wird die Kollisionsdomäne und die Broadcastdomäne vergrößert. Das heißt, die Anzahl der Kollisionen in einem Netz steigt.

Mehrere Repeater in einem Gehäuse ergeben einen Multiport-Repeater, besser bekannt als Hub.

Repeater werden seit Jahrzehnten nicht mehr verwendet. Auch Hubs sind seit vielen Jahren aus unseren Verkabelungen verschwunden.

In Funknetzen werden Funk- oder WLAN-Repeater hingegen eingesetzt, um die Reichweite der WLANs zu vergrößern.

### 6.7.2 Bridge und Switch

Eine Bridge verbindet zwei Netzwerksegmente. Sie lernt, welche Geräte an welchem Port angeschlossen sind und leitet nur Pakete weiter, wenn sie auf die andere Seite der Bridge müssen. Somit reduziert sich der Datenverkehr auf den beiden Netzsegmenten. Dazu führt die Bridge eine Weiterleitungstabelle (Forwarding-Table), in der zu jedem Bridge-Port die MAC-Adressen aller dort erreichbaren Hosts eingetragen sind. Jeder Bridgeport bildet eine eigene Kollisionsdomäne. Broadcast-Messages werden von einer Bridge weitergeleitet. Die Broadcastdomäne umfasst somit alle Hosts eines Netzes.

Mehrere Bridges in einem Gehäuse ergeben eine Multiportbridge, besser bekannt als Switch. Der

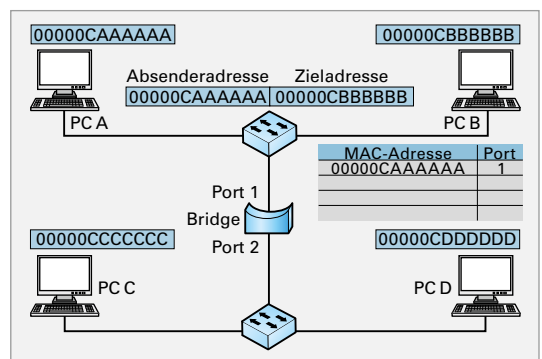


Bild 1: Bridge/Switch