



MASTERARBEIT

Technische Grundlagen und Anwendungsmöglichkeiten der Telemedizin

Ausgeführt am Institut für

Medizinische Bildverarbeitung und Mustererkennung
Medizinische Statistik und Informatik
der Medizinischen Universität Wien

unter der Anleitung von

Univ.-Prof. Dipl.-Ing. Dr. Ernst SCHUSTER
Ali KHORSAND

durch

Saban GÜLCÜ
1160 Wien, Panikengasse 3-5/9

17.10.2007

.....

Eidesstattliche Erklärung

Ich erkläre hiermit an Eides Statt, dass ich die vorliegende Arbeit selbstständig und ohne fremde Hilfe verfasst, andere als die angegebenen Quellen nicht benützt und die den benutzten Quellen wörtlich oder inhaltlich entnommenen Stellen als solche kenntlich gemacht habe.

Alle Internet-Quellen und Internet-Verweise sind in Form von URLs angegeben und wurden zuletzt am 17.10.2007 überprüft.

Wien, 17.10.2007

Danksagung

Zum Gelingen dieser Masterarbeit wurde von vielen Personen beigetragen. Bedanken möchte ich mich bei allen, die mich in irgendeiner Weise in dieser Zeit unterstützt haben.

Mein Dank gilt besonders Univ.-Prof. Dipl.-Ing. Dr. Ernst Schuster für die Betreuung und die Durchsicht meiner Masterarbeit.

Bei Dipl. Ing. Ali Algan möchte ich mich für das Korrekturlesen dieser Masterarbeit und für die hilfreichen Anmerkungen bedanken.

Ich möchte mich bei meinen Freunden und Freundinnen, die mir während meines Studiums geholfen haben, herzlich bedanken.

Schließlich möchte ich mich bei meiner Familie bedanken, die mich auf meinem Lebensweg jederzeit unterstützt haben. Ich möchte mich bei Herrn Yusuf Kara, Frau Nadire Kara sowie der Familie Demirci für die moralische und finanzielle Unterstützung bedanken.

Inhaltverzeichnis

Abkürzungsverzeichnis	8
Abbildungsverzeichnis.....	11
Tabellenverzeichnis	13
1. Einleitung	14
1.1. Motivation	14
1.2. Medizin, Informatik und Telemedizin	14
1.3. Aufbau der Masterarbeit	15
2. Netzwerktechnologien.....	17
2.1. Einführung	17
2.2. Grundbegriffe	17
2.3. Datenvermittlungsverfahren.....	19
2.3.1. <i>Leitungsschalten</i>	20
2.3.2. <i>Paketschalten</i>	20
2.3.3. <i>Frame Relay</i>	21
2.3.4. <i>Cell Relay</i>	21
2.4. Kommunikationsmittel.....	22
2.4.1. <i>Hardwire Medien</i>	22
2.4.2. <i>Softwire Medien</i>	27
2.5. Übertragungstechnik und Kodierung	27
2.5.1. <i>Basisband und Breitband</i>	27
2.5.2. <i>Kodierung und Vorkodierung</i>	28
2.5.3. <i>Multiplexen</i>	29
2.6. Topologien von Netzen	29
2.6.1. <i>Vermaschte Netze</i>	30
2.6.2. <i>Bus-Topologie</i>	31

2.6.3.	<i>Ring-Topologie</i>	32
2.6.4.	<i>Baum-Topologie</i>	33
2.6.5.	<i>Stern-Topologie</i>	34
2.6.6.	<i>Zell-Topologie</i>	35
2.7.	Ethernet	35
2.8.	Token Ring.....	37
2.9.	Fiber Distributed Data Interconnect (FDDI und FDDI2)	39
2.10.	Asynchronous Transfer Mode (ATM)	41
2.10.1.	<i>Vorteile der ATM</i>	43
2.10.2.	<i>Nachteile der ATM</i>	43
2.10.3.	<i>Einsatzgebiete der ATM</i>	43
2.11.	WLANs	44
2.12.	Internetworking	45
2.12.1.	<i>Repeater</i>	45
2.12.2.	<i>Bridge</i>	45
2.12.3.	<i>Switch</i>	46
2.12.4.	<i>Hub</i>	47
2.12.5.	<i>Router</i>	47
2.12.6.	<i>Gateway</i>	48
2.13.	Vergleich der Netzwerktechnologien.....	48
3.	Kommunikationssysteme	50
3.1.	Einführung	50
3.2.	Synchrone Kommunikationssysteme	50
3.3.	Asynchrone Kommunikationssysteme.....	51
3.4.	Leitungsvermittelte Kommunikationssysteme.....	51
3.5.	Paketvermittelte Kommunikationssysteme	52
3.6.	Nachrichtenvermittelte Kommunikationssysteme	52
4.	Datenkommunikation, Datenübertragung und Datenfernübertragung	54
4.1.	Einführung und Grundbegriffe.....	54
4.2.	ISDN	54
4.3.	DSL, ADSL und andere Arten	55
4.4.	GSM	57
4.4.1.	<i>GSM-Architektur</i>	59
4.4.2.	<i>GSM-Dienste</i>	61
4.5.	GPRS.....	61

4.6.	UMTS.....	64
4.7.	IrDA (Infrared Data Association)	66
4.8.	Bluetooth.....	67
5.	Internet und der Zusammenhang zwischen Internet und Telemedizin	69
5.1.	Einführung	69
5.2.	Geschichte und Entwicklung.....	70
5.3.	Internet Protocol (IP).....	70
5.3.1.	<i>Das Internet Protocol (IP)</i>	71
5.3.2.	<i>Die IP-Adressierung</i>	72
5.3.3.	<i>Das Domain Name System (DNS)</i>	72
5.4.	Transmission Control Protocol (TCP)	73
5.4.1.	<i>Der grundlegende Aufbau von TCP</i>	73
5.4.2.	<i>TCP Portnummer</i>	74
5.4.3.	<i>Sockets</i>	74
5.5.	Die Internet-Dienste	74
5.5.1.	<i>Telnet</i>	75
5.5.2.	<i>Private Nachrichten: E-Mail</i>	75
5.5.3.	<i>File Transfer Protocol: ftp</i>	76
5.5.4.	<i>Öffentliche Nachrichten: Die Newsgroups</i>	76
5.5.5.	<i>World Wide Web (WWW)</i>	77
5.5.6.	<i>Internet Relay Chat (IRC)</i>	77
5.6.	Das Client/Server-Paradigma.....	77
5.7.	Die neueste Technologien im Web	78
5.7.1.	<i>XML</i>	78
5.7.2.	<i>Webservices</i>	79
5.7.3.	<i>Remote Procedure Call (RPC)</i>	79
5.7.4.	<i>Remote Method Invocation (RMI)</i>	80
5.7.5.	<i>Semantic Web</i>	80
5.8.	Zukunftsentwicklungen und IPv6	81
5.9.	Die Beziehung zwischen Internet und Medizin	82
6.	E-Health, Telemedizin und Anwendungsgebiete der Telemedizin....	84
6.1.	E-Health (Electronic Health).....	84
6.2.	Telemedizin.....	87
6.3.	Telechirurgie	89
6.3.1.	<i>Anwendungsbeispiele der Telechirurgie</i>	91

6.4.	Telekonferenz (Videokonferenz), Telekonsultation, Teleschulung (Telelearning)	94
6.5.	Telemonitoring, Patientenüberwachungssysteme	96
6.6.	Telepathologie	99
6.7.	Teleradiologie	100
6.8.	Roboter in der Medizin	104
6.8.1.	<i>Telerobotik</i>	104
6.8.2.	<i>Automatische Systeme</i>	104
6.8.3.	<i>Interaktive Systeme</i>	105
6.8.4.	<i>Realisierte Operationsroboter</i>	105
6.8.4.1.	Robodoc	105
6.8.4.2.	AESOP	107
6.8.4.3.	CASPAR	108
6.8.4.4.	CRIGOS	110
6.8.4.5.	Da Vinci System	111
6.8.4.6.	ZEUS	113
	Literaturverzeichnis	116

Abkürzungsverzeichnis

ADSL	Asymmetric Digital Subscriber Line; große Bandbreite in Richtung Nutzer, kleine Bandbreite in Richtung Internet
AES	Advanced Encryption Standard; ein symmetrisches Kryptosystem
ATM	Asynchronous Transfer Mode; eine Datenübertragungstechnik
CPU	Hauptprozessor; der zentrale Prozessor eines Computers
CSMA/CD	Carrier Sense Multiple Access/Collision Detection. Es ist ein Medienzugriffsverfahren, das den Zugriff verschiedener Stationen auf ein gemeinsames Übertragungsmedium im Zeitmultiplexverfahren beschreibt.
DICOM	Digital Imaging and Communications in Medicine; ein weltweit offener Standard zum Austausch von digitalen Bildern in der Medizin
DNS	Domain Name System; eine verteilte Datenbank, die den Namensraum im Internet verwaltet.
DSL	Digital Subscriber Line; über DSL können Haushalte und Unternehmen Daten mit hohen Übertragungsraten.
EAP	Extensible Authentication Protocol; ein Sicherheitsprotokoll
FDDI	Fiber Distributed Data Interface; eine Netzwerkarchitektur für lokale Netzwerke
Fiber	Fiber Optics Cable (siehe LWL)
FTP	File Transfer Protocol; ein Netzwerkprotokoll zur Dateiübertragung
FTP	Foiled Twisted Pair; ein Kabeltyp (siehe TP)
Gbps	Gigabit pro Sekunde; eine Dimension für die Datenübertragungsgeschwindigkeit
GPRS	General Packet Radio Service; ein paketorientierter Übertragungsdienst, der im Bereich des Mobilfunks eingesetzt wird.
GSM	Global System for Mobile Communications; ein Standard für Mobilfunknetze
HL7	Health Level 7; ein internationaler Standard für den Austausch von Daten zwischen Computersystemen im Gesundheitswesen.
HTML	Hypertext Markup Language
IEEE	Institute of Electrical and Electronics Engineers; ein weltweiter Berufsverband von Ingenieuren aus den Bereichen Elektrotechnik und Informatik
IP	Internet Protocol; ein Netzwerkprotokoll
IPv6	Internet Protocol Version 6; der Nachfolger des Internet Protocol Version 4

IRC	Internet Relay Chat; ein etabliertes, rein textbasiertes Chat-System
IrDA	Infrared Data Association; ein Standard für den Austausch von Daten mittels infrarotem Licht über kurze Strecken.
ISDN	Integrated Services Digital Network; ein internationaler Standard für ein digitales Telekommunikationsnetz
JAVA	Eine Programmiersprache
kbps	Kilobit pro Sekunde; eine Dimension für die Datenübertragungsgeschwindigkeit
kHz	Kilohertz, tausend Schwingungen/Vorgänge pro Sekunde. Eine Einheit für die Frequenz.
Koax	Koaxialkabel; zweiadrige Kabel mit konzentrischem Aufbau
LAN	Lokales Netz (local area network)
LWL	Lichtwellenleiter, Glasfaserkabel
MAC	Medium Access Control
MAN	Metropolitan Area Network
Mbps	Megabit pro Sekunde; eine Dimension für die Datenübertragungsgeschwindigkeit
mediX	ein Zusammenschluss fortschrittlicher Ärztenetze und Einzelärzte in der Schweiz
MHz	Megahertz, eine Million Schwingungen/Vorgänge pro Sekunde. Eine Einheit für die Frequenz.
PACS	Picture Archiving and Communication System; ein Bildarchivierungs- und Kommunikationssystem auf der Basis digitaler Rechner und Netzwerke in der Medizin
PC	Personal Computer
PDA	Personal Digital Assistant, ein kleiner tragbarer Computer
RMI	Remote Method Invocation, ein Kommunikationsprotokoll und eine Programmierschnittstelle der Programmiersprache Java
RPC	Remote Procedure Call, ein Protokoll für verteilte Anwendungen
SSH	Secure Shell; sowohl ein Programm als auch ein Netzwerkprotokoll, mit dessen Hilfe man sich über eine verschlüsselte Netzwerkverbindung auf einem entfernten Computer einloggen und dort Programme ausführen kann.
TCP	Transmission Control Protocol; eine Protokoll, wie Daten zwischen Computern ausgetauscht werden sollen.
TCP/IP	Transmission Control Protocol/Internet Protocol; ein Netzwerkprotokoll für Internet
TP	Twisted-Pair-Kabel; verdrehte Kabel in der Telekommunikation

TTL	Time-to-live; ein Header-Feld von Internet Protocol (IP)
UDP	User Datagram Protocol; ein verbindungsloses Netzprotokoll. Aufgabe von UDP ist es, Daten, die über das Internet übertragen werden, der richtigen Anwendung zukommen zu lassen.
UMTS	Universal Mobile Telecommunications System; ein Standard für Mobilfunknetze
UTP	Unshielded Twisted Pair; Kabel mit ungeschirmten Paaren und ohne Gesamtschirm
WAN	Weitverkehrsnetz (wide area network)
WEP	Wired Equivalent Privacy; ein WLAN-Verschlüsselungsalgorithmus
WLAN	Wireless Local Area Network, drahtloses lokales Netzwerk.
WWW	World Wide Web
XML	Extensible Markup Language; eine Auszeichnungssprache zur Darstellung hierarchisch strukturierter Daten in Form von Textdateien

Abbildungsverzeichnis

<i>Abb. 2.1:</i>	<i>Station, Knoten und Netz</i>	18
<i>Abb. 2.2:</i>	<i>Der Vergleich von Datenvermittlungsverfahren</i>	20
<i>Abb. 2.3:</i>	<i>Twisted Pair längst und Querschnitt</i>	23
<i>Abb. 2.4:</i>	<i>UTP, FTP und STP</i>	24
<i>Abb. 2.5:</i>	<i>Aufbau KoAx im Querschnitt</i>	25
<i>Abb. 2.6:</i>	<i>LWL, Querschnitt</i>	25
<i>Abb. 2.7:</i>	<i>Multimode-LWL, Durchmesser/Dichte Diagramm</i>	26
<i>Abb. 2.8:</i>	<i>Monomode-LWL, Durchmesser/Dichte Diagramm</i>	27
<i>Abb. 2.9:</i>	<i>Maschennetz</i>	30
<i>Abb. 2.10:</i>	<i>Bus-Topologie</i>	31
<i>Abb. 2.11:</i>	<i>Ring-Topologie</i>	32
<i>Abb. 2.12:</i>	<i>Baum-Topologie</i>	33
<i>Abb. 2.13:</i>	<i>Stern-Topologie</i>	34
<i>Abb. 2.14:</i>	<i>Konzeptioneller Fluss von Bits über ein Ethernet</i>	36
<i>Abb. 2.15:</i>	<i>So fließen die Bits während der Übertragung durch ein Token-Ring-Netz.</i>	38
<i>Abb. 2.16:</i>	<i>FDDI-Netz</i>	40
<i>Abb. 2.17:</i>	<i>ATM-Vermittler</i>	41
<i>Abb. 2.18:</i>	<i>Die Verbindung zwischen einem ATM-Vermittler und einem Computer</i>	42
<i>Abb. 2.19:</i>	<i>Zwei über einen Router verbundene Netze</i>	48
<i>Abb. 4.1:</i>	<i>Architektur eines GSM-Systems</i>	60
<i>Abb. 4.2:</i>	<i>Architektur eines GPRS-Systems</i>	63
<i>Abb. 4.3:</i>	<i>UMTS-Bereiche</i>	65
<i>Abb. 6.1:</i>	<i>Gedachtes Szenario zur Durchführung der Telechirurgie</i>	91
<i>Abb. 6.2:</i>	<i>Die Durchführung der Telechirurgie. Die Operation war in Strasbourg.</i>	92
<i>Abb. 6.3:</i>	<i>Der chirurgische Roboter (ZEUS) von Computer Motion</i>	92
<i>Abb. 6.4:</i>	<i>Prof. Marescaux operiert von New York eine Patientin in Strasbourg</i>	93
<i>Abb. 6.5:</i>	<i>Telekonferenz</i>	95
<i>Abb. 6.6:</i>	<i>Blutdruck-Monitor für Telemonitoring (Fernüberwachen)</i>	96
<i>Abb. 6.7:</i>	<i>Der Aufbau des Telepathologiesystems</i>	99
<i>Abb. 6.8:</i>	<i>Hipax - Benutzeroberfläche</i>	103
<i>Abb. 6.9:</i>	<i>ROBODOC während einer Operation</i>	106
<i>Abb. 6.10:</i>	<i>AESOP</i>	107
<i>Abb. 6.11:</i>	<i>CASPAR Operationsroboter</i>	108
<i>Abb. 6.12:</i>	<i>Neues Kreuzband mit Halterungen</i>	109
<i>Abb. 6.13:</i>	<i>Prototyp von CRIGOS</i>	110
<i>Abb. 6.14:</i>	<i>Das Da Vinci System</i>	111
<i>Abb. 6.15:</i>	<i>Da Vinci</i>	112

Abb. 6.16:	<i>Da Vinci Steuerkonsole und 3-D Sicht</i>	112
Abb. 6.17:	<i>ZEUS System während einer Operation</i>	113
Abb. 6.18:	<i>Die Arme des ZEUS</i>	114
Abb. 6.19:	<i>Konsole des ZEUS</i>	114
Abb. 6.20:	<i>Eine Modellherzoperation mittels ZEUS</i>	115

Tabellenverzeichnis

Tabelle 2.1:	<i>CAT-Spezifikationen beim TP</i>	24
Tabelle 4.1:	<i>DSL Variante</i>	57
Tabelle 4.2:	<i>GSM - Frequenzbereiche</i>	59
Tabelle 5.1:	<i>Der Aufbau eines IP-Pakets</i>	71
Tabelle 5.2:	<i>Übersicht der Netzklassen</i>	72
Tabelle 5.3:	<i>Die Hauptgruppen des News-Dienst</i>	76
Tabelle 6.1:	<i>Darstellung der Dateigröße und der notwendigen Übertragungszeit über unterschiedliche Netze ohne Berücksichtigung einer möglichen Datenkompression</i>	102
Tabelle 6.2:	<i>Bestandteile eines modularen PAC-Systems und ihre Funktion</i>	102

1. Einleitung

1.1. *Motivation*

Kommunikations- und Informationstechnologien werden durchgehend entwickelt. Mit Hilfe dieser schnellen Technologien bietet das 21. Jahrhundert die leuchtende Vision einer besseren Gesundheit für alle Menschen. Es stellt nicht nur ein längeres Leben mit weniger gesundheitlichen Einschränkungen und Krankheiten in Aussicht, sondern auch eine höhere Lebensqualität.

Mit der enormen technischen Entwicklung geht der gesellschaftliche Wandel einher. Es gibt große Fortschritte bei der Informations- und Kommunikationstechnologie. Somit gibt es heutzutage leistungsfähigeren Prozessoren, günstige riesige Speichermedien, umfassender Software, neue Standardisierungen und moderne Kommunikationsmittel wie Telefon, Telefax, Internet, Videokonferenz. Diese Technologien haben Gesellschaften auf der ganzen Welt stark verändert. Durch Internet und Multimedia ändert sich die Art, wie wir leben, lernen und arbeiten. Multimediale Informationsprodukte ermöglichen die Integration von Text, Grafik, Bild, Animation, Ton und Video. Mit der fortschreitenden Vernetzung und dem Ausbau der Datenautobahnen werden räumliche und zeitliche Grenzen aufgehoben.

Heutzutage liegen große Datenmengen digitalisiert vor und werden weiterhin immer umfangreicher gesammelt. Mit der Etablierung des World Wide Web (www) steht ein Netzwerk mit einem hohen Grad an Vernetzung (bis zum privaten Anwender am PC) und eine ausreichende Technologie zur Präsentation unterschiedlichen Wissens und Informationen (html, Java) zur Verfügung. [Handels 99]

1.2. *Medizin, Informatik und Telemedizin*

Das Thema der Masterarbeit ist über Telemedizin. Um ein besseres Verständnis der Diplomarbeit zu gewährleisten werden anschließend einige Begriffe definiert.

Man kann die Medizin so definieren: Die Medizin befasst sich mit der Gesundheit, mit der Vorbeugung, Erkennung und Behandlung von Krankheiten und Verletzungen, von Lebewesen sowie mit Zeugung, Schwangerschaft, Geburt und Tod.

Man kann die Informatik so definieren: Informatik ist die Wissenschaft von der systematischen Verarbeitung von Informationen, insbesondere der automatischen Verarbeitung mit Hilfe von Digitalrechnern.

Es gibt verschiedene Begriffsdefinitionen der Telemedizin. Eine globale Definition ist so: Telemedizin ist die Anwendung von Telekommunikationstechnik für die medizinische Versorgung.

Die österreichischen AkademikerInnen definieren die Telemedizin sehr gut: „Telemedizin ist ein großer Bereich, der vom einfachen Austausch administrativer und medizinischer Daten (Krankenhausabrechnung, Krankenkassenabrechnung, Laborwerte, Arztbriefe usw.) mit Hilfe telekommunikativer Einrichtungen (Telefon, Internet, Fax, E-Mail usw.) über Expertenkonsultationen (z.B. Videokonferenzen) bis zur Telepräsenz reichen, wo Operationsroboter – gesteuert von SpezialistInnen, die sich nicht am Ort des Geschehens befinden – Operationen ausführen.“ [Günther 98] Wie man an der Definition erkennen kann, werden die Techniken von Telekommunikation und Informatik im Bereich der Medizin benutzt. Die Anwendungsgebiete von Telemedizin werden in Kapitel 6 detailliert beschrieben.

Die Definitionen der Telemedizin sind unterschiedlich. Aber das Ziel der Telemedizin ist bei allen diesen Definitionen gleich. Das Ziel der Telemedizin ist die Verbesserung des Zugriffs auf Informationen sowie eine Verbesserung der Qualität und Effektivität der Gesundheitsversorgung.

1.3. Aufbau der Masterarbeit

Vor dem Beginn der Masterarbeit ist ein Überblick über die Kapiteln sehr hilfreich.

In Kapitel 2 werden die Grundlagen der Datenübertragung, LAN-Technologien, LAN-Topologien, die Medien, die in modernen Netzsystemen zur Übertragung eingesetzt werden und wie Daten über diese Medien übertragen werden erläutert.

Kapitel 3 gibt einen Überblick über die Varianten der Kommunikationssysteme, die eine Einrichtung bzw. eine Infrastruktur für die Übermittlung von Informationen sind.

In Kapitel 4 werden die bekanntesten und modernsten Methoden der Datenübertragung beschrieben. Diese Methoden sind ISDN, DSL und die andere Variante von DSL, GSM, GPRS, UMTS, IrDA und Bluetooth.

In Kapitel 5 werden die Geschichte des Internets, die Internet-Protokolle TCP und IP, das neue Internet-Protokoll IPv6 und die wichtigsten Internetdienste wie z. B. das World Wide Web (www), E-mail, Dateiübertragung (ftp), Telnet, Video-Chat und SSH beschrieben.

In Kapitel 6 werden die Telemedizin und ihre Anwendungsgebiete beschrieben. Diese Anwendungsgebiete sind Telechirurgie, Telekonferenz, Telemonitoring, Telepathologie, Teleradiologie usw.

2. Netzwerktechnologien

2.1. Einführung

Heutzutage gibt es keinen Rechner mehr, der nicht zu einem Netzwerk gehört oder nicht mit anderen Rechnern verbunden ist. Bei einem Netzwerk handelt es sich um eine Verbindung mehrerer einzelner Endgeräte (z.B. Rechner) zum Zwecke des Datenaustausches und der gemeinsamen Nutzung von Systemkomponenten. Dabei erfolgt dieser Verbund über ein beliebiges Übertragungsmedium (z.B. Kabel). Die einfachste Form eines Netzwerks ist die Verbindung zwischen zwei einzelnen Rechnern. Die Rechner selber werden in diesem Zusammenhang auch als Datenendgeräte bezeichnet. Sobald mehrere dieser Datenendgeräte untereinander verbunden (vernetzt) sind, kann untereinander ein Austausch der verfügbaren Daten erfolgen. [Larisch 05]

Wie oben gesagt wurde, werden bei einem Netzwerk Daten (z.B. Text, Bilder, Video usw.) zwischen den Rechnern ausgetauscht. Das Netzwerk besteht aus verschiedenen Ebenen. Jede Ebene hat eigene Aufgaben. Die ausgetauschten Daten werden durch diese Ebenen übertragen. Auf der untersten Ebene wird das Kodieren von Daten in eine Energieform umgewandelt. Diese Energie wird über ein Übertragungsmedium gesendet. Beispielsweise kann elektrischer Strom benutzt werden, um Daten über eine Leitung zu übertragen. Mit Radiowellen können Daten durch die Luft übertragen werden. [Comer 00] Während des Sendens und Empfangens werden die Daten kodiert und dekodiert. Für die Kodierung und Dekodierung von Daten werden spezielle Hardwaregeräte (z.B. Ethernetkarte) verwendet.

In diesem Kapitel werden die Grundlagen der Datenübertragung erläutert. Es werden die Medien, welche in modernen Netzsystemen zur Übertragung eingesetzt werden, wie Daten über diese Medien übertragen werden, wie die Übertragung die Grundlage der Datenvernetzung bildet und LAN-Technologien detailliert beschrieben.

2.2. Grundbegriffe

Die Definitionen der wichtigsten Fachwörter über Netzwerk sind sehr hilfreich.

LAN, MAN und WAN :

LAN: Ein lokales Netz (local area network) ist ein Computernetz, das sich über einen kleinen geographischen Bereich erstreckt, wie ein Haus oder ein Büro. Bei den lokalen Netzen ist die Datenrate zwischen ca. 10 Mbps (Megabit pro Sekunde) und

ca. 1 Gbps (Gigabit pro Sekunde). Ferner sind LANs immer im Privatbesitz. Wenn also ein Teilstück eines LANs über öffentlichen Grund und Boden führt, dann ist das Netz eigentlich kein LAN mehr, sondern ein sogenanntes Internet. LANs sind damit immer organisationsweite und zu einer Organisation gehörende private Netze.

MAN: Stadtweite Netze (metropolitan area network) sind große Computernetze, die sich normalerweise über eine Stadt erstrecken.

WAN: Ein Weitverkehrsnetz (wide area network) ist ein Computernetz, das sich im Gegensatz zu einem LAN oder MAN über einen sehr großen geographischen Bereich erstreckt.

Die Unterscheidung zwischen LANs, MANs und WANs erfolgt gemeinhin anhand der Kriterien Übertragungsgeschwindigkeit und Übertragungstrecke.

Knoten, Station und Netz:

Knoten oder Stationen sind die Rechereinheiten, die in einem LAN mitwirken. (Abbildung 2.1)

Ein Netz ist ein Verbindungssystem, an der mehrere Teilnehmer zum Zweck der Datenkommunikation angeschlossen sind. (Abbildung 2.1)

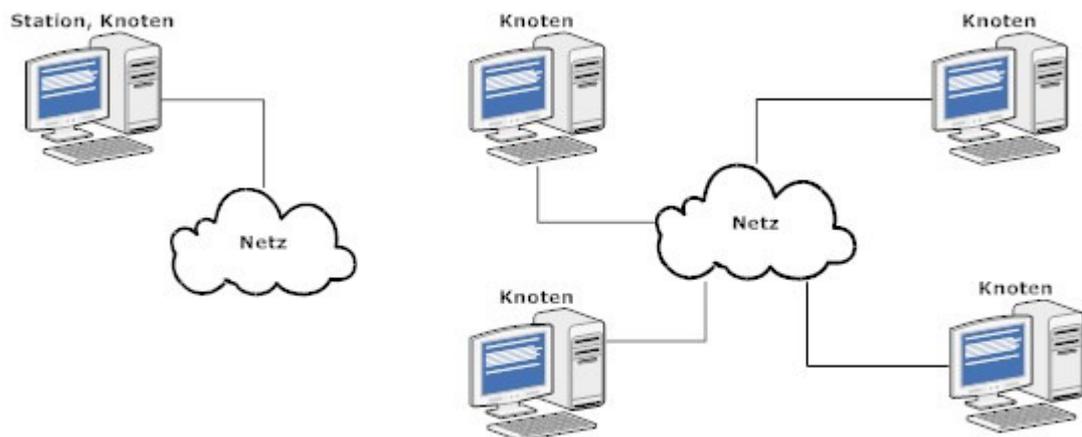


Abb. 2.1: Station, Knoten und Netz

Subnetz:

Ein Subnetz ist die Zerteilung eines Netzes in mehrere Netze. Diese Netze sind per Repeater (siehe Abschnitt 2.12.1) oder Bridges (siehe Abschnitt 2.12.2) zusammengefügt. Alle Knoten eines Subnetzes haben dieselbe IP-Adresse.

Broadcast, Multicast und Unicast:

Unter einem Unicast versteht man das gezielte Senden von Daten von der Sendestation an exakt eine adressierte Empfangsstation.

In Netzwerksystemen, bei denen mehrere Stationen das Paket unabsichtlich zu sehen bekommen, kann man auch Multicasts oder Broadcasts verwenden.

Der Broadcast ist das Senden eines Datenpakets an alle (betriebsbereiten) Stationen eines Netzes. Ein Broadcast-Paket muss von jeder Station empfangen und bearbeitet werden, verbraucht daher in allen Stationen des Netzes CPU-Leistung.

Der Multicast ist das Senden an eine Gruppe von Stationen. Die Multicast-Adresse kann von beliebig vielen anderen Stationen ebenfalls als Empfangsadresse zugewiesen werden. Damit wird der Overhead des Broadcasts umgangen und nur diejenigen Stationen, die an Multicast-Paketen interessiert sind, empfangen diese Pakete. Der Rest der Stationen bemerkt von diesen Paketen nichts.

Port:

Unter dem Begriff Port werden zwei verschiedene Konzepte verstanden:

- die Ein/Ausgänge von Internetworking-Geräten (wie z.B. Repeatern, Bridges, Routern, usw.) (siehe Abschnitt 2.12)
- die logische Adresse bei TCP und UDP Protokolle. Dort wird allerdings mit einem Port eine Anwendung adressiert. (siehe Abschnitt 5.4.2)

Medium Access Control (MAC) :

Der Medium Access Control ist die Steuerschicht der LANs, die den gemeinsamen Zugriff der Stationen auf ein gemeinsames Medium kontrolliert.

2.3. Datenvermittlungsverfahren

Unter dem Wort Vermittlungsverfahren versteht man die allgemeine Methode, wie Daten ihren Weg zum Ziel finden. Es hat nichts mit der tatsächlichen Wegfindung (dem Routing) zu tun, sondern beschreibt nur, wie die Daten zum Ziel kommen. Es gibt 4 Datenvermittlungsverfahren: Leitungsschalten, Paketschalten, Frame Relay und Cell Relay. Abbildung 2.2 stellt die Unterschiede zwischen diesen Verfahren dar.

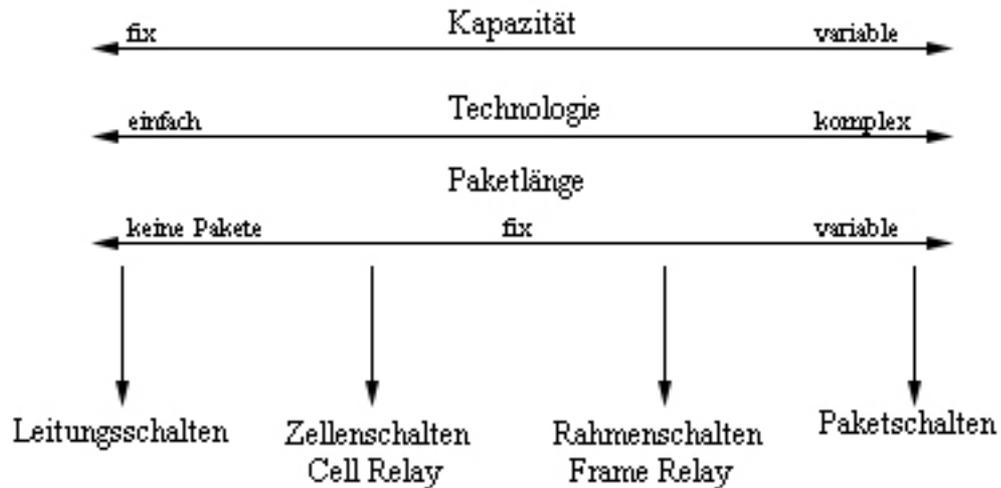


Abb. 2.2: Der Vergleich von Datenvermittlungsverfahren

2.3.1. Leitungsschalten

Leitungsschalten ist das einfachste Konzept. Es entspricht dem Herstellen einer physischen Leitung, das in der Telefonie gebraucht wird. Leitungsschalten wird in der Datenübertragung heute kaum noch eingesetzt. Bei dieser Methode sind Verbindungen zwingend vorhanden. Es gibt nur einen Weg aller Daten zum Ziel. Die Bitrate (bps) ist praktisch immer fix eingestellt. Wenn eine Station nichts zu senden hat, wird die reservierte Bandbreite dieser Station verschwendet.

Die wichtigsten Vertreter des Leitungsschaltens im Datenbereich sind heute SONET (Synchronous Optical Network) und SDH (Synchronous Digital Hierarchy).

2.3.2. Paketschalten

Bei diesem Verfahren werden die Daten (Text, Bilder usw.) für die Übertragung in Paketen aufgeteilt. Alle LANs arbeiten auf dieser Basis. In einem paketschaltenden Netz sind sowohl Verbindungen als auch Datagramme (und damit auch ein Broadcast und ein Multicast) möglich.

Sofern es die Topologie (siehe Abschnitt 2.6) erlaubt, sind unterschiedliche Wege der Datenpakete zum Ziel möglich. Welchen Weg ein Paket zum Ziel wählt, wird von Paket zu Paket einzeln bestimmt.

Die Bitrate bei Paketschalten ist grundsätzlich variabel. Wenn keine Daten gesendet werden, wird auch keine Netzkapazität benötigt. Damit entlastet eine Station, die nichts zu senden hat, das Netzwerk und stellt so anderen Stationen ihre Kapazität zur

Verfügung. Der wichtigste Vertreter von Paketschalten heute ist Ethernet. (siehe Abschnitt 2.7)

2.3.3. Frame Relay

Frame Relay entstand aus der Technologie des Paketschaltens. Frame Relay wurde erfunden, um den im ISDN weithin ungenutzten Signalisierungs-Kanal zu verwerten.

Standleitungen sind wesentlich teurer und werden oft nicht voll ausgenutzt. Daher versteckt ein Frame Relay Betreiber seine Standleitungen in einem Frame Relay Netz und bietet seinen Kunden als Schnittstelle den Frame Relay Dienst an. Er kann über das Standleitungsnetz virtuelle Verbindungen für seine Kunden aufbauen und damit über einzelne Leitungen mehrere Verbindungen multiplexen. Damit wird die Auslastung der Leitungen verbessert und der Betreiber kann verschiedene Übertragungsraten anbieten, die eventuell über ein und dieselbe physische Leitung laufen.

Frame Relay wird auch heute noch oft als Verbindungsstrecke zwischen einzelnen LANs verwendet, um diese z.B. zu einem Firmen-Intranet zusammenzuschließen. Datentransport in Frame Relay Netzen ist ausschließlich über Verbindungen. Es gibt nur einen Weg aller Pakete zum Ziel. Ein Frame Relay Netzwerk kennt kein Routing. Die Strecke wird im Vorherein festgelegt.

Die Länge der Pakete ist variabel und wird auf die Paketlänge der zu verbindenden Endnetze (zumeist LANs) angeglichen. Frame Relay reicht heute mit seiner Datenrate von 56Kbps bis ca. 50 Mbps hinauf. Der Verzicht auf Node-to-Node Flusskontrolle macht die höheren Leistungen möglich. Die Bitrate des Frame Relay ist fest, die Verzögerungszeit dagegen nicht. Damit ist Frame Relay nicht für isochrone Datenübertragung geeignet.

2.3.4. Cell Relay

Das Cell Relay (Zellen-Schalten) ist eine Weiterentwicklung aus der Technologie des Frame Relay. Es stammt ebenfalls ursprünglich aus dem Breitband-ISDN (siehe Abschnitt 4.2). Die Eigenschaften von Cell Relay:

- Verbindungen werden aufgenommen, bevor Daten versendet werden können.
- Es gibt ebenfalls nur einen einzigen Weg aller Daten zum Ziel.

Es gibt manche Unterschiede zwischen Cell Relay und Frame Relay. Cell Relay verwendet im Gegensatz zum Frame Relay kleine (53 Byte lange) Pakete (genannt Cells) mit wenig Overhead (nur 5 Byte Header). Größere Datenpakete müssen daher vorher auf 48 Byte Zellen segmentiert und nachher reassembliert werden.

Diese Methode hat einige Vorteile. Die Technologie geht von Verbindungen mit extrem geringer Fehlerwahrscheinlichkeit aus. Daher gibt es keine echten Prüfsummen mehr in den Cells und auch keinen Mechanismus zur Flusskontrolle.

Cell Relay entwickelte sich, da die heutigen Medien (LWL=Lichtwellenleiter) sehr geringe Fehlerraten aufweisen und speziell auch die Switch-Technologie weiter ausgereift ist. Die Bitrate des Cell Relay ist fix, die Datenübertragung isochron und daher echtzeitfähig.

Der wichtigste Vertreter ist heute Asynchronous Transfer Mode (ATM). (siehe Abschnitt 2.10)

2.4. Kommunikationsmittel

Kommunikationsmittel sind diejenigen Mittel, mit deren Hilfe sich Stationen untereinander verständigen können. Die Unterteilung der Medien (Kommunikationsmittels) erfolgt in physische Kabel (hardware media) und die kabellose Übertragung (software media). Der größte Teil aller LANs verwendet heute Kabel zur Übertragung der Daten. Dies wird sich aber in nächster Zeit mit der Ausbreitung der Funk-LANs (z.B. IEEE 802.11) ändern.

Eine grobe Einteilung der Übertragungsmedien sieht folgend aus:

- Hardware Medien
 - Metallkabel (Copper Wire)
 - Twisted Pair
 - Koaxiales Kabel
 - Lichtwellenleiter (Fiber)
- Software Medien
 - Infrarot (optisch, nicht kohärent)
 - Laser (optisch, kohärent)
 - Funk (Radiowellen)
 - Mikrowellen (ultrakurze Radiowellen)

2.4.1. Hardware Medien

Die hardware Medien zerfallen in drei große Kabelsysteme: TP (Twisted Pair), KoAx (Koaxiales Kabel) und LWLs (Lichtwellenleiters).

Twisted Pair Kabel:

Twisted Wire, auch Twisted Pair oder kurz "TP" genannt, stammt aus der Telefonie. TP ist ein bestens eingeführtes und in weltweiter Verwendung befindliches Kabel. Es ist daher sehr günstig, technisch ausgereift, überall und in enorm vielfältigen Bündelungen erhältlich. Es ist heute der Standard sowohl für LANs, als auch für WANs und die Telefonie.

In seiner einfachsten Form besteht TP aus zwei isolierten Kabeln, die miteinander verdreht sind. (Abb. 2.3)

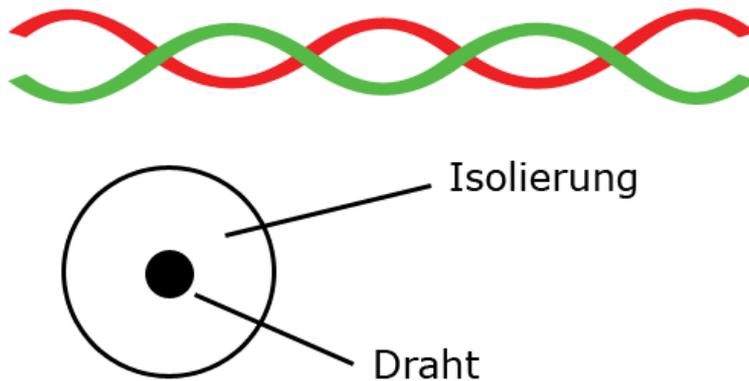


Abb. 2.3: Twisted Pair längst und Querschnitt

Es gibt verschiedene Arten von TP. Einfaches TP wird heute auch als UTP (Unshielded TP) bezeichnet. Um die elektrischen Eigenschaften des einfachen TP-Mediums zu verbessern, wurde eine billige, einfache Schirmung aus Alufolie um jedes Kabelpaar herumgelegt. Diese Verbesserung des TP setzte sich rasch durch und wird als "Foiled TP" oder kurz FTP bezeichnet. Letztendlich wurden die Anforderungen an die TPs derart hoch, dass man die FTPs zusätzlich mit Schirmungen aus Kupfer/Alulitze umfassen musste. Das entstehende Kabel ist eigentlich ein KoAx-Kabel mit einem oder mehreren TPs als Innenkabel statt einem einzigen Draht. UTP, FTP und STP werden in der Abbildung 2.4 dargestellt. Für eine leichtere Klassifizierung der einzelnen Kabel wurden Kategorien definiert. Diese Kategorien entsprechen jeweils einem spezifischen Anforderungsprofil. Es gibt 7 Kategorien (Cat-1, ..., Cat-7). Tabelle 2.1 zeigt die Eigenschaften der Kategorien.

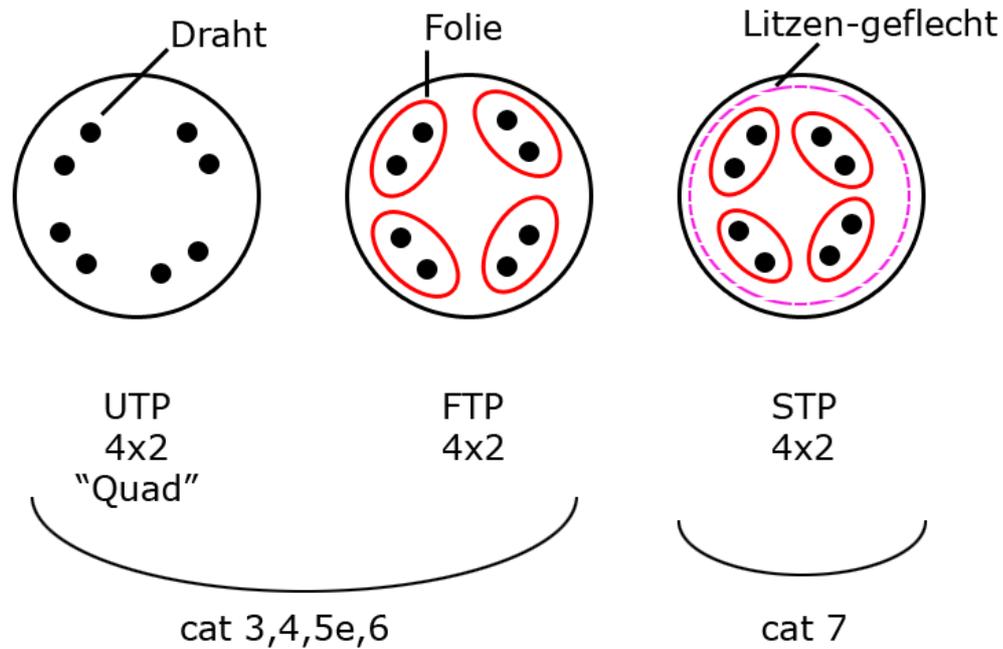


Abb. 2.4: UTP, FTP und STP

Die Steckverbinder der TPs sind universell die "Radio Jackets Type 45", kurz RJ-45. Diese sind bis Cat-6 brauchbar, erst mit Cat-7 muss man auf die wesentlich komplexeren und teureren GG-45 umsteigen, die aber physisch zu RJ-45 kompatibel sind.

CAT	Max. MHz	Spezifikation	Steckverbinder
3	16	2adriges Telefonkabel, „VoiceGrade“	RJ-45
4	20	2adriges Telefonkabel, „VoiceGrade“	RJ-45
5	100	2adriges Datenkabel, „VoiceGrade“	RJ-45
5e	100	4adriges Datenkabel	RJ-45
6	250	4adriges Datenkabel, auch „Class E“ genannt	RJ-45
7	600	4adriges Datenkabel, auch „Class F“ genannt, nur noch STP möglich	GG-45

Tabelle 2.1: CAT-Spezifikationen beim TP

Die Zukunft der Hardware Medien kann nur der Lichtwellenleiter sein, da die Kosten des Cat-7 Kabels bereits nahe an den Kosten eines LWLs liegen und das TP nicht die Leistung eines LWLs erbringen kann. Cat-7 ist bereits ein absolut ausgereiztes System. Man kann derzeit mit Cat-7 an die 600 Mbps übertragen. Aber der LWL ist bei 600 Mbps erst bei einem winzigen Bruchteil seiner Kapazität angelangt. Heutige LWLs kommen leicht in den Bereich von Terabits pro Sekunde bei Entfernungen von einigen Kilometern.

Koaxiales Kabel:

Bei den LANs spielte das Koaxiale Kabel, kurz auch KoAx genannt, nur eine kurze Rolle, nämlich im Ur-Ethernet. Es ist gegenüber dem TP wesentlich leistungsfähiger, allerdings auch teurer, dicker und unhandlicher. Die Verlegungskosten liegen meist über den Verlegungskosten des TPs, da das Kabel umständlicher in der Handhabung ist. Die Abbildung 2.5 zeigt den Aufbau von Koax im Querschnitt.

KoAx-Kabel wurden für die ursprüngliche Bus-Topologie des Ethernets verwendet. Die Bus-Topologie war zu fehleranfällig. Deswegen übernahm das TP die Rolle der führenden Verkabelung bei Ethernet und damit zugleich der Großteil aller LANs. In anderen LANs kam KoAx nie stark zum Einsatz.

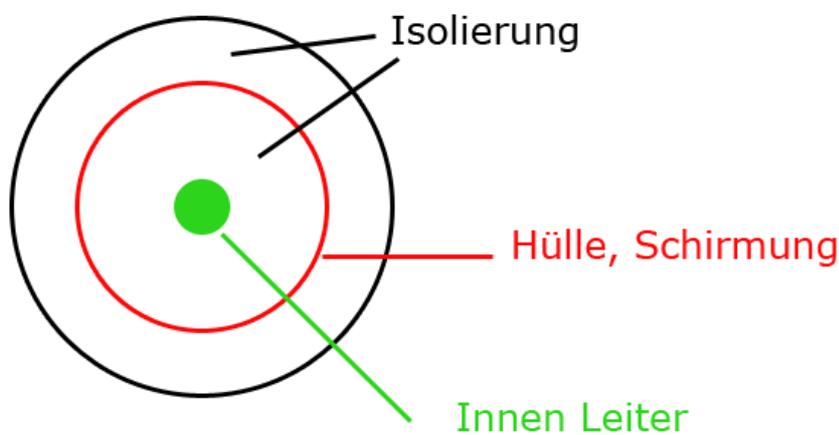


Abb. 2.5: Aufbau KoAx im Querschnitt

Lichtwellenleiters:

Das hardware Medium der Zukunft ist aus heutiger Sicht eindeutig der Lichtwellenleiter, kurz LWL genannt. Im Englischen verwendet man die Bezeichnung "Fiber Optics Cable", kurz Fiber. Die Abbildung 2.6 zeigt den Aufbau von LWL im Querschnitt.

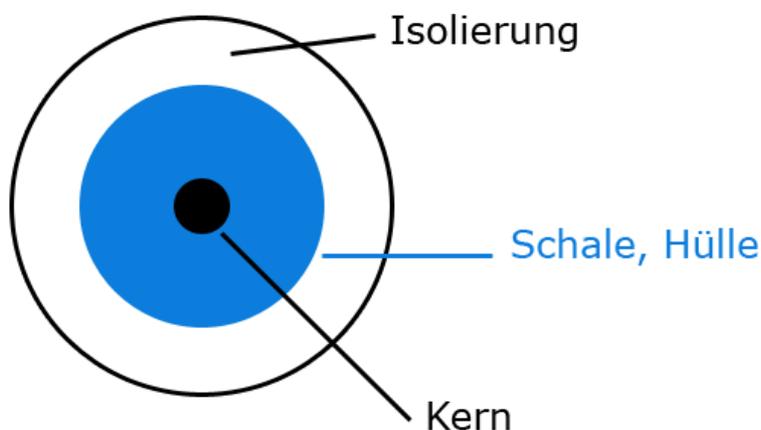


Abb. 2.6: LWL, Querschnitt

Die Funktionsweise des LWL beruht auf der Totalreflektion der Lichtstrahlen beim Übergang von einem optisch dichteren Medium (Kern) in ein optisch dünneres Medium (Hülle). Die Grenzschicht reflektiert Lichtstrahlen, die unter einem bestimmten Winkel eintreffen, total. Es gibt 2 Arten: Multimode und Monomode.

Multimode:

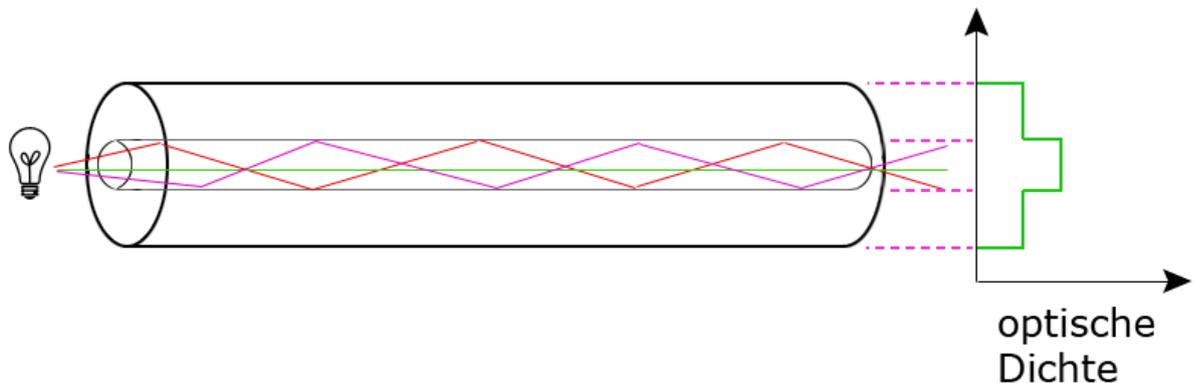


Abb. 2.7: Multimode-LWL, Durchmesser/Dichte Diagramm

In der Abbildung 2.7 sieht man deutlich den Sprung in der Dichte zwischen Kern und Hülle. Man nennt diese Art der LWL "Multimode-LWL" (Englisch: "Multi Mode Fiber", MMF). Multimode deutet auf die Moden hin, das sind quantenmechanische Begriffe, die wir uns näherungsweise als "Lichtstrahlen" vorstellen können. In einem Multimode-LWL können mehrere Moden zugleich durch das Kabel gelangen. Damit ist aber die Laufzeit der einzelnen Moden unterschiedlich, da eine Mode, die öfter totalreflektiert wird, auch länger durch das Medium wandert. Die zentrale Mode nimmt den kürzesten Weg durch den LWL. Die Laufzeitunterschiede bewirken, dass das in den LWL eintretende Licht beim Austritt aus dem LWL verwaschen ist. Technisch nennt man das die "modale Dispersion". Damit ist aber die überbrückbare Entfernung für Datenübertragungen mit LWLs stark reduziert, da zwar das Licht kaum gedämpft wieder austritt, die Laufzeitunterschiede aber das Signal verschmieren. Aus einem kurzen Puls auf der Eingangsseite wird ein breiter Puls auf der Ausgangsseite.

Monomode:

Der Monomode LWL (Englisch: "Single Mode Fiber", SMF). Bei Monomode wird nur eine einzige Mode durch den LWL gelassen. Um dies zu erreichen, muss man den Durchmesser des Kerns in die Größenordnung der Wellenlänge des zu übertragenen Lichts bringen. Die Abbildung 2.8 zeigt den Monomode LWL und Durchmesser/Dichte Diagramm von Monomode LWL.

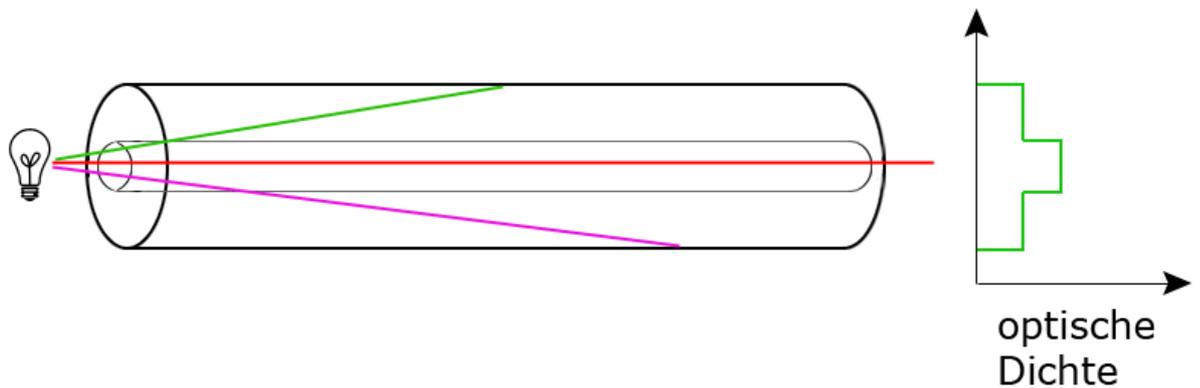


Abb. 2.8: Monomode-LWL, Durchmesser/Dichte Diagramm

2.4.2. Software Medien

Bei den Software-Medien gibt es heute die Techniken Radio, Mikrowelle, Infrarot und Laser.

Infrarot und Laser durchdringen Glas und sind damit auch für Übertragungen im Innenbereich von Gebäuden teilweise tauglich. Mikrowellensender werden normalerweise im Außenbereich installiert. Mikrowellen-Strahler sind aufgrund ihrer Radio-Charakteristik bei der Post meldepflichtig.

Eine neue Klasse von Übertragungsarten stellt das Ultrawideband System dar. Hierbei wird ein sehr großes Spektrum an Übertragungsfrequenzen zugleich verwendet. Es handelt sich um ein nicht-modulierendes Verfahren, also um Basisband-Übertragung. Die verwendete Sende-Energie ist aber sehr gering. Diese Energie wird auf ein sehr weites Spektrum (von 0Hz bis weit in den GHz-Bereich hinein) verteilt. Die in einem bestimmten Bereich anzutreffende Energie ist äußerst gering. Dennoch kann ein leistungsfähiges Kurzstrecken-Kommunikationssystem aufgebaut werden, indem man viele Frequenzen zugleich verwendet.

2.5. Übertragungstechnik und Kodierung

2.5.1. Basisband und Breitband

Bei der Basisband-Übertragung wird das gesamte verfügbare Frequenzspektrum des Mediums für die Übertragung eines Signals ausgenutzt. Man sendet dabei die digitale Information (Spannungspuls, Lichtpuls) direkt per Verstärker in das Medium. Damit nutzt man zwar das gesamte Spektrum des Mediums aus, verschenkt

aber viel von seiner Leistungsfähigkeit. Da dieses Verfahren sehr günstig zu realisieren ist, ist es bei LANs immer bevorzugt verwendet.

Bei der Breitband-Technik hingegen wird zuerst ein Trägersignal gebildet. Dieses Signal ist eine Welle einer bestimmten, festen Charakteristik (genauer: eines bestimmten Frequenzbereichs). Auf dieses Trägersignal wird dann per Modulation das Datensignal aufgebracht. Dabei stehen die Amplitudenmodulation (AM), die Frequenzmodulation (FM) und die Phasenmodulation (PM) zur Verfügung. Auf der Gegenseite wird das Datensignal durch Demodulation wieder zurückgewonnen. Die dabei verwendeten Geräte heißen Modems (MODulator/DEMODulator).

Modems im herkömmlichen Sinne (also solche, die in der digitalen Übertragung über Telefonleitungen verwendet werden) arbeiten mit AM, FM und PM im Audibereich.

Im Hochgeschwindigkeitsbereich arbeiten sogenannte Breitband-Modems oder Kabel-Modems. Kabel-Modems sind eine spezielle Form, da hierbei die Information auf einem bestehenden System mitübertragen wird.

Um gestörte oder unbrauchbare Frequenzbereiche gezielt umgehen zu können, wird normalerweise nicht nur eine einzige Trägerfrequenz verwendet, sondern eine Vielzahl von solchen. Damit kann man unbrauchbare Frequenzbänder einfach ungenutzt lassen.

Bei LANs hat sich universell die Basisband-Methode durchgesetzt. Das letzte Breitband-System war eine spezielle Ethernet-Variante. Sie ist schon vor langer Zeit ausgestorben. Mit dem Umstieg auf LWLs ist die Verwendung von Breitband im LAN-Bereich in nächster Zeit wahrscheinlich, da ein LWL auch im Basisband-Betrieb ausreichend Übertragungsleistung bereitstellt.

2.5.2. Kodierung und Vorkodierung

Wenn man Information moduliert oder unmoduliert übertragen will, muss man sie entsprechend kodieren. Diese Kodierung erfolgt bei den LANs heute im Basisband-Verfahren, bei Metallkabeln normalerweise durch Spannungswechsel, bei LWLs durch "Licht-an/Licht-aus" (Amplituden-Modulation).

Die Empfangsstation muss in der Lage sein, das gesendete Signal zu reproduzieren. Dazu müssen Sender und Empfänger über sehr genau gehende und hinreichend synchrone Uhren verfügen, oder die Taktinformation muss vom Sender zusammen mit den Daten mitgesendet werden. Man arbeitet z.B. bei Analog-Modems mit synchronen Uhren. Dafür sind Start-Bits und eine auf beiden Seiten eingestellte Uhr

(“Baudrate” genannt) notwendig. Dies ist im Bereich der Übertragung von einigen tausend Bits pro Sekunde ohne weiteres machbar. Bei LANs, wo in Millionen Bit pro Sekunde bis zu Milliarden Bit pro Sekunde gerechnet wird, müssten die Uhren sehr präzise synchron laufen und hinreichend oft synchronisiert werden. Man hat sich daher bei den ersten LANs dafür entschieden, die Taktinformation gleich in jedem einzelnen übertragenen Bit mitzusenden. Die primären und ursprünglichen Kodierungsformen der LANs sind Manchester und Differential Manchester. Später kam das einfache NRZ (No Return to Zero) hinzu, das allerdings keine Synchronisationsinformation mitführt.

2.5.3. Multiplexen

Um Informationen mehrerer Stationen zugleich oder quasi zugleich übertragen zu können, muss man die Daten multiplexen. Dabei werden die Daten wirklich zugleich gesendet. Dann muss man dafür sorgen, dass sie sich nicht gegenseitig stören. Die einfachste Methode dafür ist, mehrere Frequenzbänder zu bilden und diese einzelnen Stationen entweder fix oder nach Bedarf zuzuweisen. Dieses Verfahren nennt man “Frequenzmultiplexen” (Frequency Division Multiplexing, FDM).

Alternativ kann man anstatt in der Frequenz auch in der Zeit multiplexen. Dann werden die sendewilligen Stationen der Reihe nach drangenommen. In jeder dieser Zeiteinheiten darf die Station dann ihre Daten senden. Man nennt dieses Verfahren “Zeitmultiplexen” (Time Division Multiplexing, TDM).

Speziell bei LWLs gibt es eine weitere Variante des Multiplexens, das “Wave Division Multiplexing” (WDM). Hierbei werden Lichtstrahlen verschiedener Wellenlänge zugleich in einen LWL gesendet. Dies entspricht in etwa dem FDM, nur eben mit verschiedenen Lichtwellenlängen (=Farben).

2.6. Topologien von Netzen

Unter Topologie versteht man hier die physische Anordnung der Stationen in einem Netzwerk. Es gibt 6 verschiedene Topologien. In diesem Teil werden diese Topologien erläutert.

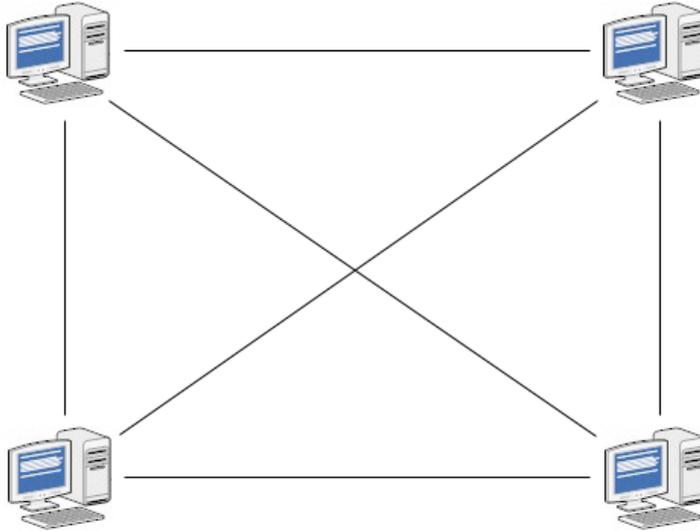


Abb. 2.9: Maschennetz

2.6.1. Vermaschte Netze

Bei einem Maschennetz verbindet jeder Übertragungskanal zwei Computer und steht nur diesen Computern zur Verfügung. Die Abbildung 2.9 zeigt ein Maschennetz für 4 Computer. Maschennetz hat drei nützliche Eigenschaften:

- Hardware kann wahlfrei benutzt werden, weil jeder Anschluss unabhängig installiert wird.
- Die verbundenen Computer können selbst entscheiden, wie sie Daten über die Verbindung senden.
- Es ist einfacher, Sicherheitsmechanismen zu implementieren, weil immer nur die gleichen zwei Computer Zugang zum Kanal haben.

Der Nachteil sind die Kosten. Die Anzahl der für N Computer benötigten Verbindungen ist $(N^2-N)/2$. Um einen neuen Computer an eine vorhandene Netzkonstellation anzuschließen, der neue Computer benötigt eine Verbindung zu jedem der vorhandenen Computer. Das bedeutet, dass der Anschluss des N ten Computer $N-1$ neue Verbindungen erfordert.

Die Vorteile des Maschennetzes sind:

- Sicherste Variante eines Netzwerkes
- Bei Ausfall eines Endgerätes ist durch Umleitung die Datenkommunikation weiterhin möglich
- Sehr leistungsfähig

Die Nachteile des Maschennetzes sind:

- Viel Kabel ist notwendig; auch bei nicht vollständig vermaschten Netzwerken sehr aufwändig
- Sehr hoher Energieverbrauch
- Vergleichsweise komplexes Routing nötig

2.6.2. Bus-Topologie

Ein Netzwerk auf der Grundlage der Bustopologie besteht aus einem einzigen langen Kabel, an das die Computer angeschlossen werden. Die Abbildung 2.10 stellt ein Bustopologienetz dar. Jeder an einem Bus angeschlossene Computer kann ein Signal über das Kabel senden. Alle übrigen angeschlossenen Computer empfangen dieses Signal. Da alle Computer an das gleiche Kabel angeschlossen sind, können alle ein elektrisches Signal abtasten. Jeder kann Daten an einen anderen Computer senden. Die an einem Busnetz angeschlossenen Computer müssen ihre Aktionen koordinieren, damit nur jeweils ein Computer ein Signal sendet, da ansonsten Chaos entstehen würde.

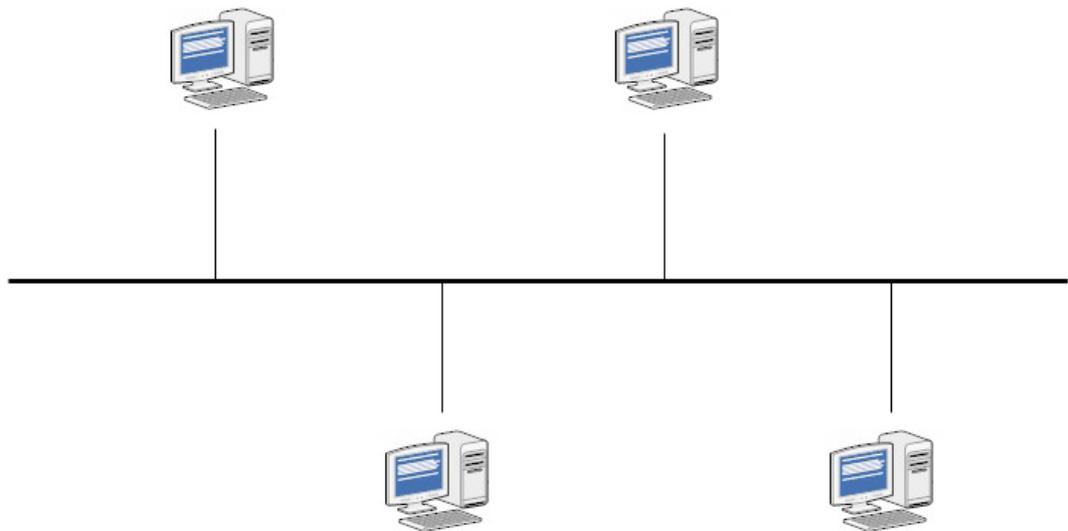


Abb. 2.10: Bus-Topologie

Die Vorteile der Bus-Topologie sind:

- Der Ausfall eines Rechners hat keine Konsequenzen
- Nur geringe Kosten, da nur geringe Kabelmengen erforderlich sind
- Einfache Verkabelung und Netzerweiterung
- Es werden keine weiteren Rechner zur Übermittlung der Daten benötigt

Die Nachteile der Bus-Topologie sind:

- Alle Daten werden über ein einziges Kabel übertragen

- Datenübertragungen können leicht abgehört werden
- Eine Störung des Übertragungsmediums an einer einzigen Stelle im Bus (defektes Kabel, lockere Steckverbindung, defekte Netzwerkkarte) blockiert den gesamten Netzstrang (die Suche nach der Fehlerquelle ist dann oft sehr aufwändig)
- Es kann immer nur eine Station Daten senden. Während der Sendung sind alle anderen blockiert (Datenstau)
- Aufgrund der Möglichkeit der Kollisionen sollte das Medium nur zu ca. 30% ausgelastet werden

2.6.3. Ring-Topologie

Ein Netzwerk, bei dem alle angeschlossenen Computer in einer geschlossenen Schleife angeordnet sind, weist eine Ringtopologie auf. Mit einem Kabel wird der erste mit dem zweiten Computer, mit einem weiteren Kabel der zweite Computer mit dem dritten Computer verbunden usw., bis schließlich die letzte Kabelstrecke den letzten Computer mit dem ersten Computer verbindet. Die Abbildung 2.11 zeigt ein Ringtopologie Netz.

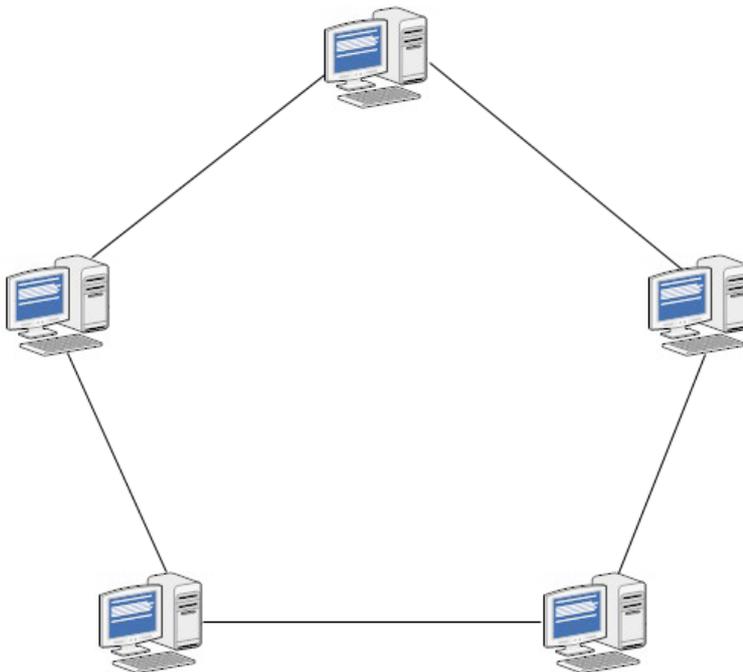


Abb. 2.11: Ring-Topologie

Die Vorteile der Ring-Topologie sind:

- Deterministische Netzwerkkommunikation - Vorgänger und Nachfolger sind definiert
- Alle Stationen arbeiten als Verstärker

- Keine Kollisionen
- Alle Rechner haben gleiche Zugriffsmöglichkeiten
- Garantierte Übertragungsbandbreite

Die Nachteile der Ring-Topologie sind:

- Teuere Komponenten
- Darf / kann nicht für kombinierte Netzwerk- / Telefonverkabelung eingesetzt werden

2.6.4. Baum-Topologie

Die Baum-Topologie ist eine Netztopologie, bei der mehrere Netze der Sterntopologie hierarchisch miteinander verbunden sind. Hierbei müssen Verbindungen zwischen den Verteilern (Hub, Switch) hergestellt werden. Die Abbildung 2.12 stellt ein Baumtopologie Netz dar. Diese Topologie wird häufig in großen Gebäuden eingesetzt.

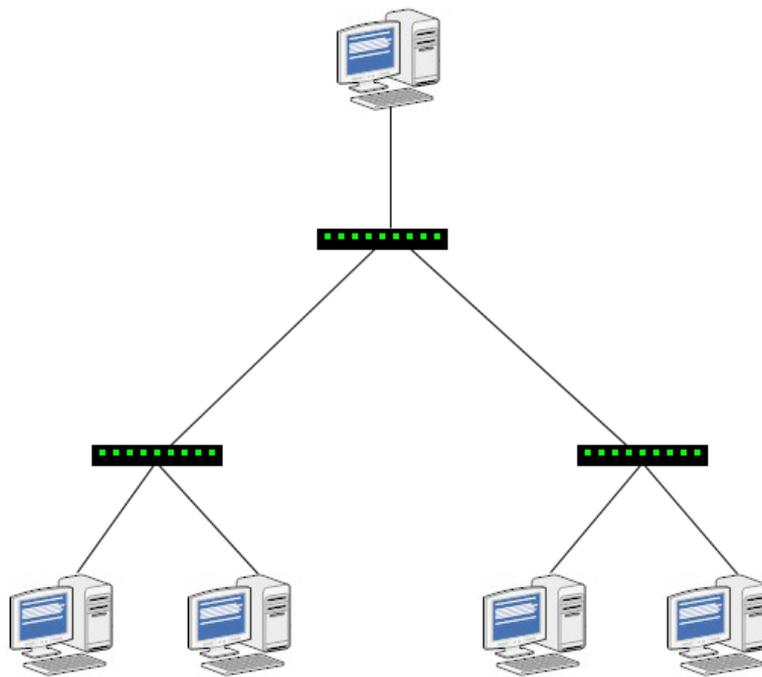


Abb. 2.12: Baum-Topologie

Die Vorteile der Baum-Topologie sind:

- Der Ausfall eines Endgeräts hat keine Konsequenzen
- Strukturelle Erweiterbarkeit
- Große Entfernungen realisierbar (Kombination)

Die Nachteile der Baum-Topologie sind:

- Bei Ausfall eines Verteilers ist der ganze Zweig des Verteilers tot

2.6.5. Stern-Topologie

Ein Netzwerk, bei dem alle Computer an einen zentralen Punkt angeschlossen werden, weist eine Sterntopologie auf. Die Abbildung 2.13 stellt ein Sterntopologie Netz dar.

Da ein sternförmiges Netz den Speichen eines Rades ähnelt, wird der Mittelpunkt eines Sternnetzes Hub genannt. Ein typischer Hub besteht aus einem elektronischen Gerät, das Daten von einem sendenden Computer entgegennimmt und dem empfangenden Computer zustellt.

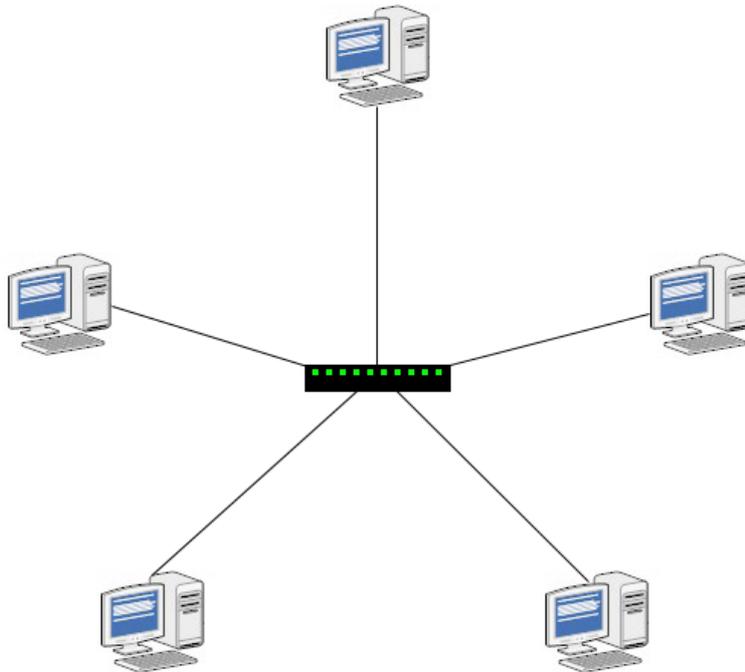


Abb. 2.13: Stern-Topologie

Die Vorteile der Stern-Topologie sind:

- Der Ausfall eines Endgerätes hat keine Auswirkung auf den Rest des Netzes
- Dieses Netz bietet hohe Übertragungsraten, wenn der Netzknoten ein Switch ist.
- Leicht erweiterbar
- Leicht verständlich
- Leichte Fehlersuche
- Kombinierte Telefon- / Netzwerkverkabelung möglich

Die Nachteile der Stern-Topologie sind:

- Aufwendige Verkabelung
- Durch Ausfall des Verteilers wird Netzverkehr unmöglich
- Niedrige Übertragungsrate bei vielen Hosts

2.6.6. Zell-Topologie

Die Zell-Topologie kommt hauptsächlich bei drahtlosen Netzen zum Einsatz. Eine Zelle ist der Bereich um eine Basisstation (z.B. Wireless Access Point), in dem eine Kommunikation zwischen den Endgeräten und der Basisstation möglich ist.

Die Vorteile der Zell-Topologie sind:

- Keine Kabel nötig
- Keine Störung durch Ausfall von Endgeräten

Die Nachteile der Zell-Topologie sind:

- Äußerst störanfällig und begrenzte Reichweite
- Sehr unsicher, da jeder von Außen darauf zugreifen kann (Verschlüsselung notwendig)

2.7. Ethernet

Ethernet ist ein Busnetz, bei dem mehrere Computer ein Übertragungsmedium gemeinsam nutzen. Ethernet ist eine sehr bekannte und viel benutzte Netztechnologie, die auf der Bustopologie (siehe Abschnitt 2.6.2) basiert. Ethernet wurde Anfang der siebziger Jahre entwickelt. Heute ist IEEE (Institute of Electricians and Electronics Engineers) für die Pflege der Ethernet-Standards zuständig. Ein Ethernet-LAN besteht aus einem einzigen Koaxialkabel, dem Äther (Ether), an das mehrere Computer angeschlossen werden. Ein Ethernet ist auf eine Länge von 500 Metern begrenzt. Der Standard definiert einen Mindestabstand von 3 Metern zwischen je zwei Anschlüssen. Die ursprüngliche Ethernet-Hardware arbeitete mit einer Bandbreite von 10 Mbps. Die nächste Version Fast-Ethernet arbeitet mit 100 Mbps. Die als Gigabit Ethernet bezeichnete neueste Version läuft mit 1000 Mbps bzw. 1Gbps.

Da Ethernet eine Bustopologie anwendet, müssen mehrere Computer auf das gleiche Medium zugreifen. Ein Sender überträgt eine modulierte Trägerwelle, die über das gesamte Kabel verteilt wird. Während ein Computer einen Rahmen überträgt,

müssen alle übrigen Computer warten. Abbildung 2.14 verdeutlicht den Datenfluss durch ein Ethernet.

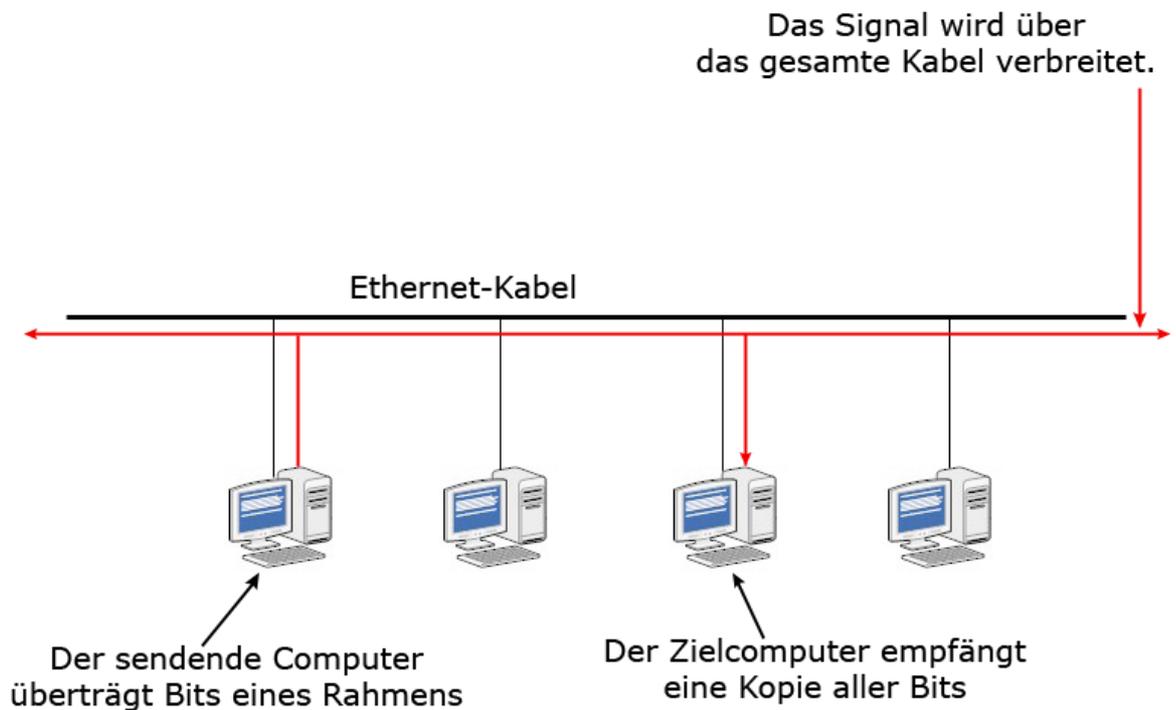


Abb. 2.14: Konzeptioneller Fluss von Bits über ein Ethernet. Ein Computer, der einen Rahmen überträgt, hat Zugriff auf das Kabel.

In der Abbildung 2.14 wird ein Signal vom sendenden Computer an beide Enden des gemeinsamen Kabels weitergereicht. Während der Übertragung eines Rahmens nutzt nur der sendende Computer das gesamte Kabel und die anderen Computer müssen warten. Nachdem ein Computer mit der Übertragung eines Rahmens fertig ist, kann das gemeinsame Kabel von einem anderen Computer benutzt werden.

Der interessanteste Aspekt des Ethernet-Standards ist der Mechanismus, der zur Koordination der Übertragung angewandt wird. Ein Ethernet-Netz hat keinen zentralen Controller, der den Zugriff der einzelnen Computer auf das gemeinsame Medium regelt. Stattdessen nehmen alle Computer, die am Ethernet angeschlossen sind, an einem verteilten Koordinationsschema CSMA/CD (Carrier Sense Multiple Access with Collision Detection) teil. CSMA/CD steht für ein Zugangsverfahren mit Leitungsabfrage und Kollisionserkennung. Die Funktion dieses Verfahrens lässt sich vereinfacht wie folgt darstellen:

- Ein sendebereiter Rechner horcht, ob gerade eine andere Übertragung auf dem Bus stattfindet, d.h. er hört auf eine Frequenz, ähnlich wie das Freizeichen beim Telefonieren (carrier sense).
- Falls die Leitung frei ist, schickt er seine Nachricht als Paket ins Netz.

- Empfänger entdecken Paket, indem sie die im Paket eingetragene Zieladresse interpretieren. Alle am Bus befindlichen Stationen nehmen diese Interpretation vor.
- Falls zwei Rechner zur gleichen Zeit gesendet haben (multiple access), entsteht eine Kollision und beide Pakete werden zerstört. Dazu überprüft jeder Sender, ob eine Kollision stattgefunden hat, indem er sein Ausgabesignal mit dem Signal auf dem Bus vergleicht (collision detection).
- Falls eine Kollision entdeckt wurde, sendet der Sender ein spezielles Störsignal, um allen die Kollision mitzuteilen. Alle Sender beendet daraufhin sofort ihre Sendung und wartet jeweils eine zufällige Zeit ab, um dann erneut mit dem Versenden ihres Pakets zu beginnen. [Kauffels 00]

2.8. Token Ring

Token Ring ist eine Vernetzungstechnologie für Computernetzwerke. Ein in Ringtopologie ausgelegtes LAN verbindet zwei Computer in einer Schleife. Die meisten auf einer Ringtopologie basierten LANs nutzen einen Zugriffsmechanismus, den man *Token-Passing* nennt. Das so konfigurierte Netz heißt *Token-Ring*. Ein Token-Ring arbeitet als gemeinsam nutzbares Medium. Wenn ein Computer Daten senden will, muss er warten, bis ihm der Zugriff auf das Netz gestattet wird. Wenn er die Erlaubnis hat, erhält er die vollständige Kontrolle über den Ring. Es sind keine anderen Übertragungen gleichzeitig möglich. Während der sendende Computer seinen Rahmen überträgt, werden die Bits vom Sender zur nächsten Computer und von diesem wiederum zum nächsten usw. weitergereicht, bis die Bits den Ring vollständig durchlaufen haben und wieder beim Sender angekommen sind. Dieses Konzept ist in Abbildung 2.15 dargestellt.

In der Abbildung 2.15 reichen alle Stationen außer dem Sender die Bits im Ring herum. Um zu prüfen, ob Übertragungsfehler aufgetreten sind, kann der Sender die empfangenen Daten mit den gesendeten Daten vergleichen. Die übrigen Stationen überwachen alle Übertragungen. Ist ein Rahmen für einen Computer, der ein Zielcomputer ist, bestimmt, macht dieser Computer eine Kopie des Rahmens, während die Bits durch den Ring fließen.

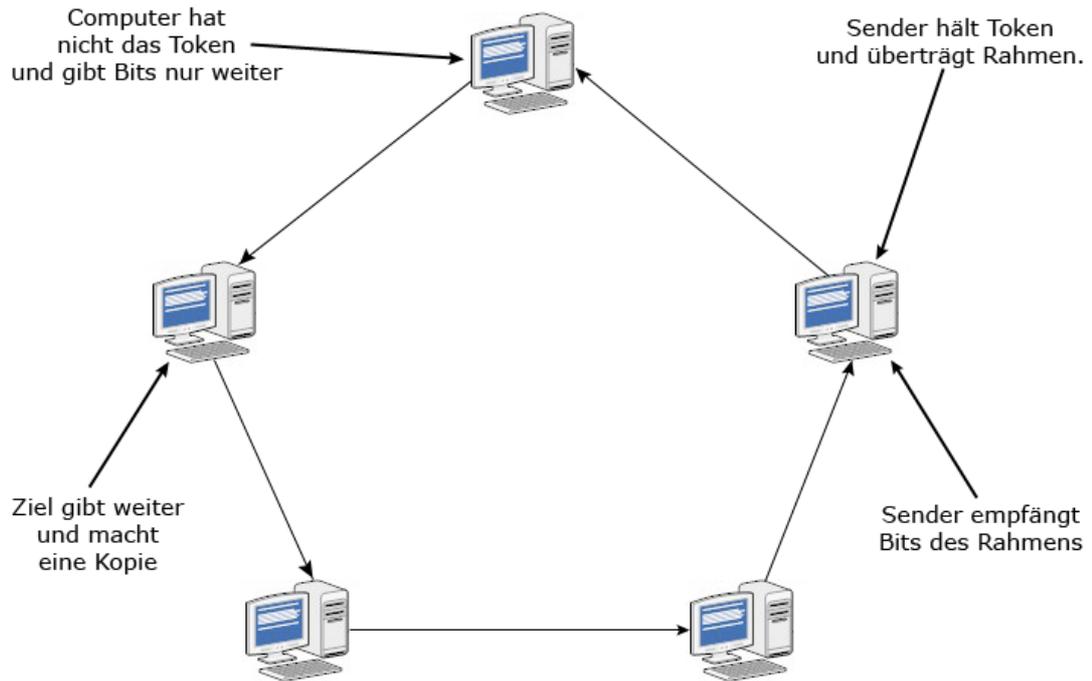


Abb. 2.15: So fließen die Bits während der Übertragung durch ein Token-Ring-Netz. Abgesehen vom Sender reichen alle im Netz angeschlossenen Computer die Bits des Rahmens an die jeweils nächste Station weiter. Das Ziel fertigt eine Kopie an.

Im Gegensatz zum Ethernet basiert eine Token-Ring-Übertragung nicht auf CSMA/CD. Die Token-Ring Hardware koordiniert alle angeschlossenen Computer und erlaubt es jeweils nur einem Computer zu senden. Diese Koordination erfolgt als spezielle, reservierte Nachricht namens *Token*. Das Token ist ein Bitmuster, das sich von den üblichen Datenrahmen unterscheidet. Damit die Nutzdaten nicht als Token interpretiert werden können, wenden einige Token-Ring Technologien das *Bitstopfen* an, um das Vorkommen des Token in den Nutzdaten vor der Übertragung vorübergehend zu ändern. Vor allem aber stellt die Token-Ring Hardware sicher, dass immer nur ein Token in einem Token-Ring herumgereicht wird.

Im Grunde erteilt ein Token einem Computer die Erlaubnis, einen Rahmen zu senden. Anders ausgedrückt, um einen Rahmen übertragen zu können, muss der Computer warten, bis er das Token erhält. Kommt das Token beim sendewilligen Computer an, nimmt er es vorübergehend aus dem Ring und überträgt die Daten. Der Computer kann nur einen Rahmen senden, auch wenn er mehrere sendebereite Rahmen hat. Im Gegensatz zu Datenrahmen, die den Ring vollständig so lange umkreisen, bis sie gesendet werden, reist das Token von einem Computer direkt zum benachbarten, der dann seinerseits senden kann.

Wenn alle im Token-Ring angeschlossenen Computer Daten senden müssen, gewährleistet das Token-Passing-Schema, dass alle nacheinander jeweils einen Rahmen senden. Das Schema garantiert also fairen Zugriff für alle. Während das Token durch den Ring läuft, erhält jeder angeschlossene Computer Gelegenheit, es an sich zu nehmen und das Netz zu benutzen. Kommt das Token bei einem Computer an, der nichts zu senden hat, gibt er es sofort weiter. Sollte der Extremfall auftreten, dass kein Computer Daten zu senden hat, kreist das Token unaufhörlich, wobei es alle Computer nacheinander anläuft. Die für einen kompletten Rundgang des Token erforderliche Zeit ist sehr kurz (z.B. eine Millisekunde).

Die Topologie des Token Rings ist der sternförmige Ring. Physikalisch Stern, logisch immer Ring-Sutruktur. Das eigentliche Übertragungsmedium des Token Rings ist das TP. Ursprünglich war nur UTP vorgesehen, für die Überbrückung von größeren Entfernungen wurde später STP hinzugefügt. Der RJ-45 Stecker wird verwendet. Bei Verwendung von STP können bis zu 260 Stationen und bis zur 33 Hubs in einem einzigen Ring zusammengefaßt werden. Die Entfernung der einzelnen Stationen vom Hub kann bis zu 100m betragen, die Entfernung der Hubs voneinander bis zu 200m. Daraus ergibt sich eine maximale Ringlänge von $(33*100)m + (260*100*2)m = 3300m + 52000m = 55km$. Wenn UTP verwendet wird, reduziert sich die Anzahl der Stationen im Ring auf 72, die Anzahl der Hubs auf 9.

2.9. *Fiber Distributed Data Interconnect (FDDI und FDDI2)*

Einer der größten Nachteile von Token-Ring-Netzen entsteht durch ihre Fehleranfälligkeit. Da jeder an den Ring angeschlossene Computer die Bits eines Rahmens an den nächsten Computer weitergeben muss, kann der Ausfall eines einzelnen Rechners das ganze Netz lahm legen. Token-Ring-Hardware wird normalerweise so ausgelegt, dass solche Fehler vermieden werden sollen. Die Hardware, mit der ein Computer an das Netz angeschlossen ist, kann beispielsweise mit dem Senden der ankommenden Bits trotz eines Softwarefehlers (z.B. ein Systemabsturz) fortfahren. Die meisten Token-Ring-Netze können sich aber nicht selbst wieder in Gang setzen, wenn z.B. ein Verbindungskabel zwischen zwei Computern versehentlich ausgesteckt wird.

Einige Ringnetze werden so ausgelegt, dass schwerwiegende Fehler überwunden werden können. FDDI ist eine Token Ring Technik, die Daten in einer Rate von 100 Mbps übertragen kann. Um derart hohe Datenraten zu ermöglichen, werden mit

FDDI Glasfaserkabel anstelle von Kupferkabeln zur Verbindung der Computer eingesetzt.

FDDI wendet zur Überwindung von Fehlern Redundanz an. Ein FDDI-Netz besteht aus zwei kompletten Ringen. Ein Ring wird zur Übertragung der Daten benutzt, wenn alles korrekt läuft. Der andere Ring wird als Ersatznetz benutzt, falls das Hauptnetz ausfällt. Physisch betrachtet, sind die beiden Glasfaserkabel, die zwei Computer verbinden, nicht völlig getrennt.

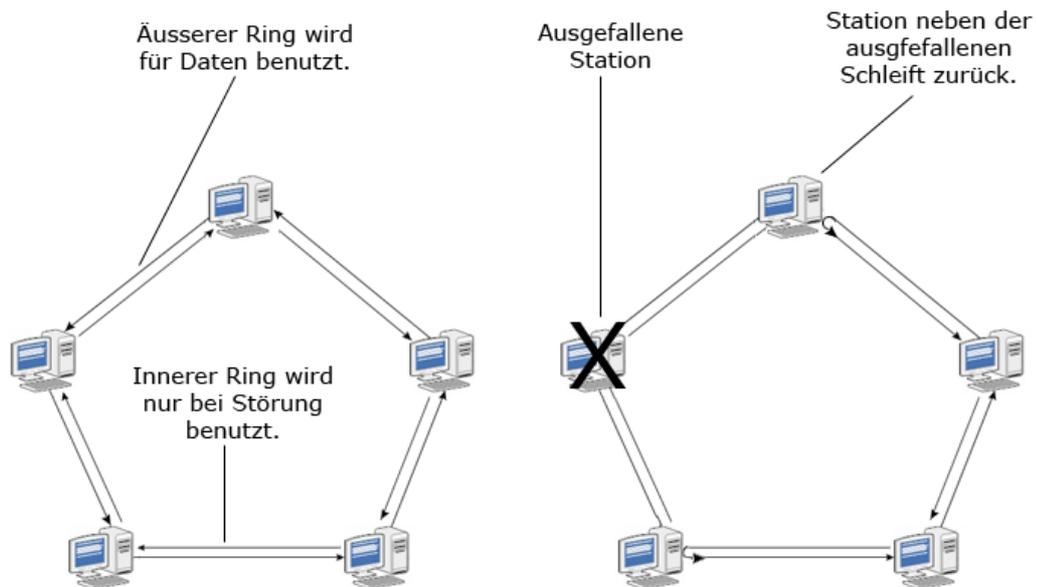


Abb. 2.16: Beim erstem FDDI-Netz deuten die Pfeile die Richtung an, in der Daten fließen können. Das zweite Netz ist nach dem Ausfall einer Station. Normalerweise fließen Daten in eine Richtung. Nach dem Ausfall einer Station benutzen die übrigen Stationen den Umkehrpfad, um einen geschlossenen Ring zu bilden.

Die Ringe in einem FDDI-Netz sind gegenläufig: Die Daten fließen um den zweiten Ring in entgegengesetzter Richtung des Datenflusses im ersten Ring. Um zu verstehen, warum das so ist, betrachten wir, auf welche Weise katastrophale Fehler passieren. Da das Kabelpaar, das zwei Stationen miteinander verbindet, auf der gleichen physischen Strecke liegt, wirkt sich ein Kabelbruch auf beide Kabel aus. Wenn Daten immer in der gleichen Richtung in beiden Ringen fließen, würde das Abkoppeln einer Station vom Ring die anderen Stationen an der Kommunikation hindern. Fließen die Daten aber in umgekehrter Richtung durch den zweiten Ring, können die verbleibenden Stationen das Netz auf den Umkehrpfad umkonfigurieren. Das Konzept ist in Abb. 2.16 dargestellt.

FDDI-2 ist eine Fortentwicklung von FDDI und eignet sich auch zur Übertragung isochroner Datenströme. Der Standard FDDI-2 entspricht in Medium, Topologie und Kodierung vollständig dem originalen FDDI. Beim synchronen Modus von FDDI entstehen Wartezeiten für die Reservierung der Bandbreite, wobei die Bandbreite nur

in Zusammenhang mit einer maximalen Verzögerung garantiert werden kann. Ein FDDI-2 System startet grundsätzlich im FDDI-1 Modus hoch (Basic Mode) und schaltet nur dann, wenn *alle* Stationen des Ringes FDDI-2 fähig sind, in den FDDI-2 Modus (Hybrid Mode) um.

2.10. Asynchronous Transfer Mode (ATM)

Telefongesellschaften haben eine Netztechnologie namens *Asynchronous Transfer Mode (ATM)* entwickelt. Das Grundelement eines ATM-Netzes ist ein elektronischer *Vermittler (Switch)*, an den mehrere Computer angeschlossen werden. In Abbildung 2.17 sind beispielsweise sechs Computer an einem ATM-Vermittler angeschlossen.

Die Abbildung 2.17 zeigt, dass ATM als Sterntopologie klassifiziert wird. Einer oder mehrere miteinander verbundene Vermittler bilden einen zentralen Hub, an den alle Computer angeschlossen werden. Im Gegensatz zur Bus- und Ringtopologie werden die Daten in einem Sternnetz nicht an alle angeschlossenen Computer, sondern nur an das kommunizierende Paar verteilt. Der Hub empfängt die ankommenden Daten direkt vom Sender. Er überträgt die ausgehenden Daten direkt an den Empfänger. Man beachte, dass ein ATM-Netz durch die Sterntopologie weniger von den Verbindungen einzelner Computer abhängt als ein Netz mit Ringtopologie. Fällt die Verbindung zwischen einem Computer und dem Vermittler aus, ist nur dieser Computer betroffen.

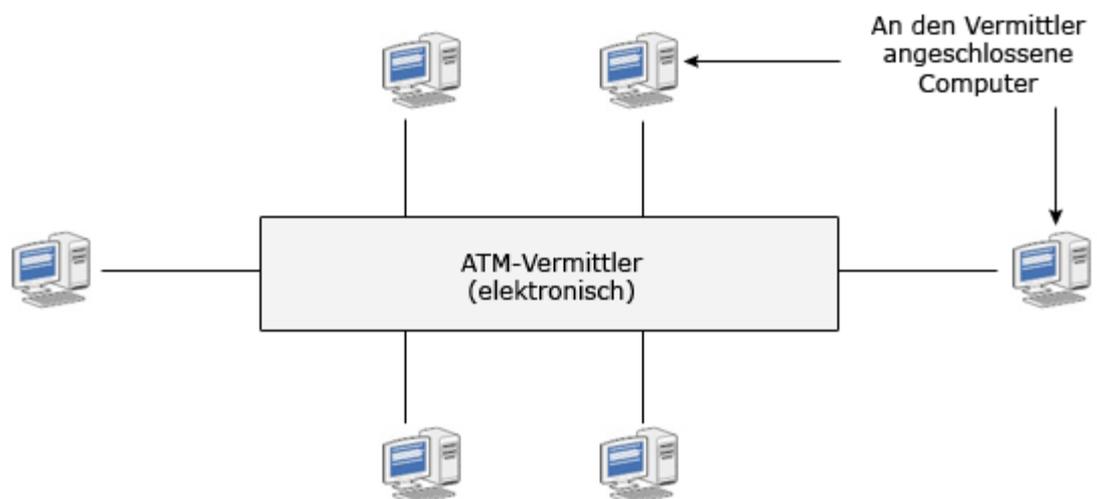


Abb. 2.17: An diesen ATM-Vermittler sind sechs Computer in Sterntopologie angeschlossen.

ATM wurde auf hohe Bandbreite ausgelegt. Deswegen läuft eine typische Verbindung zwischen einem Computer und einem ATM-Vermittler mit einer

Geschwindigkeit von 155 Mbps oder höher. Aufgrund dieser hohen Datenraten werden Glasfaserkabel anstelle von Kupferkabeln meist für den Anschluss der Computer an den ATM-Vermittler benutzt. Eine solche Verbindung wird mit zwei Glasfaserkabeln hergestellt, weil Glasfaser nicht in zwei Richtungen gleichzeitig übertragen kann. Die Abbildung 2.18 zeigt diese Verbindung zwischen einem Computer und einem Atm-Vermittler.

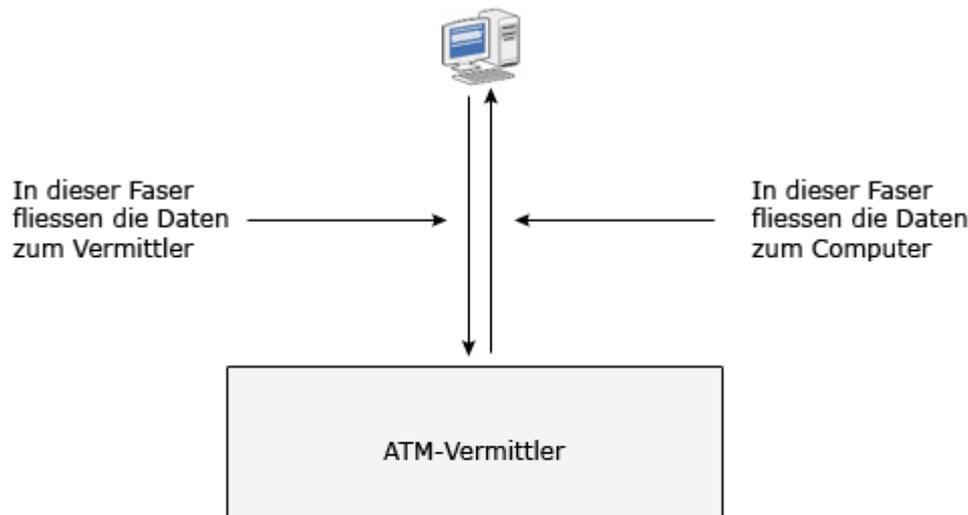


Abb. 2.18: Einzelheiten der Verbindung zwischen einem ATM-Vermittler und einem Computer. Jede Verbindung besteht aus einem Glasfaserpaar.

ATM wurde mit dem Ziel entwickelt, eine einzige Technologie für die Bereitstellung von Sprach-, Video- und Datendiensten über große Entfernungen bereitzustellen. Die ATM-Entwickler bewältigten damit eine schwierige Aufgabe, weil sie unterschiedliche Anforderungen berücksichtigen mussten. Beispielsweise erfordern sowohl Sprache als auch Video geringe Verzögerung und niedriges *Jitter*¹, während Video im Vergleich zu Audio eine viel höhere Datenrate voraussetzt.

Um hohe Datenraten, geringe Verzögerung und niedriges Jitter zu erreichen, werden bei der ATM-Technologie alle Daten in kleine Pakete mit fester Größe aufgeteilt. Man nennt diese Pakete als *Zellen* (siehe Abschnitt 2.3.4). Jede ATM-Zelle enthält genau 53 Bytes: 5 für die Header-Informationen und 48 für die Nutzdaten. ATM ermöglicht die Spezifikation einer *Dienstqualität* (*Quality of Service - QoS*) für jede Übertragung. Wenn ATM also für Audio benutzt wird, kann man geringe Verzögerung und niedriges Jitter spezifizieren.

¹ Jitter ist geringe Schwankung der Verzögerung, so dass z.B. Audio und Video ohne Ruckeleffekt abgespielt werden können.

2.10.1. Vorteile der ATM

Die Vorteile der ATM-Technologie sind so:

- Ein und dasselbe Netz kann für unterschiedliche Verkehrsarten (Daten, Video, Sprache usw.) verwendet werden.
- Zeittransparenz, d.h. ein Datenstrom wird kontinuierlich, ohne die Übermittlung eingeschobener Pausen, übertragen. Bei anderen Netzwerktechnologien sind solche kurzen Sendepausen durchaus üblich. Sie stören keinen Dateitransfer, aber bei Sprach- oder Videoübertragung erzeugen sie dagegen ein hörbares Aussetzen oder Knacken bzw. Rucken im Bildablauf.
- Skalierbarkeit, d.h. ATM kann in einem weiten Übertragungsratenbereich zwischen 2 Mbps und 2 Gbps ohne Protokollveränderungen eingesetzt werden.
- Das Format der Zelle hängt nicht vom Übertragungsmedium ab (TP, LWL usw.). Deswegen kann eine Verbindung ohne komplizierte Umsetzungen (Änderung des Paketformats und der Paketgröße) über unterschiedliche Übertragungsmedien mit unterschiedlichen Geschwindigkeiten erfolgen.
- Die Verzögerung in einem Switch ist deutlich geringer als z.B. in einem Ethernet-Switch oder einem Router.
- Weniger Protokoll-Overhead wegen dem 48 Byte Informationsfeld und nur 5 Byte langem Header.

2.10.2. Nachteile der ATM

Die Nachteile der ATM-Technologie sind so:

- Die feste Zellenlänge verursacht einige Nachteile. Bei geringer Netzlast schwirren viele leere oder halbvolle Zellen im Netz herum, wodurch Übertragungskapazität unbenutzt bleibt. Man spricht in diesem Zusammenhang von mangelnder Skalierbarkeit nach unten, die ATM bei einem Kapazitätsbedarf unter 2 Mbps sinnlos und bei unter 10 Mbps zumindest fragwürdig macht.
- IP-Pakete, welche deutlich größer als eine ATM-Zelle sind, müssen in viele ATM-Zellen aufgeteilt werden. D.h. viel Overhead und gravierende Probleme im Falle des Verlustes einer Zelle bei der Übertragung.

2.10.3. Einsatzgebiete der ATM

Durch die Integration der modernen Informationsträger in die Datenverarbeitung entstehen neue Benutzergruppen für die Datenverarbeitung und damit für die Datenkommunikation. Die Bereiche wie Bildung und Dienstleistung werden immer stärkerem Ausmaß die Möglichkeiten der multimedialen Kommunikation moderner

EDV-Systeme nutzen. So ist es beispielsweise beim Tele-Teamwork möglich, dass mehrere miteinander im Team interaktiv über ihre jeweiligen Bildschirme ein gemeinsames Dokument bearbeiten oder ein Thema diskutieren. Aufwendige Meetings können so vermieden und Reisezeiten und Kosten eingespart werden. Vieles kann vom Arbeitsplatz aus erledigt werden wie etwa Telepublishing oder im Bereich der Telemedizin, was revolutionären Schritt für die Weiterentwicklung des Gesundheitssystems bedeutet. Somit können überall auf der Erde Ferndiagnosen durchgeführt werden, durch Telekonferenz können sich Spezialisten an komplizierten Operationen beteiligen. (siehe Abschnitt 6.4)

2.11. WLANs

Wireless LAN (Wireless Local Area Network, WLAN, Kabelloses Lokales Netzwerk) bezeichnet ein drahtloses lokales Funknetz, wobei meistens ein Standard der IEEE 802.11-Familie gemeint ist. Das Kürzel Wi-Fi wird oft fälschlich mit WLAN gleichgesetzt.

Ein WLAN kann auf zwei Arten (Modi) betrieben werden: im Infrastruktur-Modus oder im Ad-hoc-Modus.

Im Infrastruktur-Modus wird eine Basisstation, häufig ein Wireless Access Point, speziell ausgezeichnet. Er koordiniert die einzelnen Netzknoten (Clients). WLAN verwendet auf der Sicherungsschicht (Schicht 2 im OSI-Modell) dasselbe Protokoll wie Ethernet. Deswegen kann eine Verbindung über einen Wireless Access Point mit Ethernet-Anschluss leicht zu kabelgebundenen Netzen hergestellt werden. Eine Ethernet-Netzwerkkarte kann also gar nicht unterscheiden, ob sie mit einer anderen Ethernet-Netzwerkkarte oder (über einen Access Point) mit einer WLAN-Karte kommuniziert.

Im Ad-hoc-Modus ist keine Station besonders ausgezeichnet, sondern alle sind gleichwertig. Ad-Hoc-Netze lassen sich schnell und ohne großen Aufwand aufbauen. Es ist nicht vorgesehen, dass Pakete weitergereicht werden. Es kann also vorkommen, dass ein physisch zentral stehender Computer das gesamte Netz erreichen kann. Ein Computer am Randbereich kann jedoch nur einen Teil des Netzes erreichen. Es sind maximal 6 Verbindungen im Ad-hoc-Modus möglich.

Teil des WLAN-Standards IEEE 802.11 ist Wired Equivalent Privacy (WEP). WEP ist ein Sicherheitsstandard, der den RC4-Algorithmus enthält. Es gibt frei erhältliche Programme, die sogar ohne vollständigen Paketchlauf in der Lage sind, einen schnellen Rechner vorausgesetzt, das Passwort zu entschlüsseln. Aus diesen Gründen

sind technische Ergänzungen entwickelt worden: WEPplus, Wi-Fi Protected Access (WPA) als Vorgriff und Teilmenge zu 802.11i, Extensible Authentication Protocol (EAP), Kerberos oder High Security Solution. Die Ergänzungen verkleinern das Sicherheitsproblem von WLAN. Der Nachfolger des WEP ist der neue Sicherheitsstandard 802.11i. Er bietet eine erhöhte Sicherheit. WPA2 ist das Äquivalent der WiFi zu 802.11i, das mit dem Verschlüsselungsalgorithmus AES arbeitet und in neueren Geräten meist unterstützt wird.

2.12. Internetworking

Unter Internetworking versteht man das Zusammenfügen von einzelnen Netzwerksegmenten zu zusammenhängenden Einheiten. In früheren Kapiteln wurden grundlegende LAN-Technologien und Anschlussarten beschrieben. Jede LAN-Technologie basiert auf einer bestimmten Kombination aus Geschwindigkeit, Entfernung und Kosten. Der Designer bestimmt eine vom LAN abzudeckende Höchstentfernung, wobei sich typische LANs über einige hundert Meter erstrecken. Nun befinden sich Leute, die elektronisch kommunizieren wollen, natürlich nicht immer in einer Entfernung von wenigen Hundert Metern. In diesem Kapitel werden Mechanismen erläutert, mit denen die geografische Reichweite eines LAN ausgeweitet werden kann.

2.12.1. Repeater

Die einfachste Form, Netzwerksegmente zusammenzufügen, ist durch den Einsatz von Repeatern gegeben. Ein Repeater verbindet je zwei Kabelsegmente. Er verstärkt und überträgt alle elektrischen Signale zwischen den beiden Segmenten. Quell- und Zielcomputer müssen nicht wissen, ob sie am gleichen oder einem anderen Segment angeschlossen sind. Repeater haben Nachteile. Sie befördern keine vollständige Rahmen, sondern nur Signale. Wenn eine Kollision sich auf einem Segment ereignet, erzeugt der Repeater die Signale auf dem anderen Segment erneut. Dadurch ergeben sich überlappende Signale. Bei einer Störung (z.B. Blitzschlag) wird beispielsweise auf einem Segment unerwünschtes elektrisches Rauschen erzeugt, das von dem Repeater wie normale Signale an die übrigen Segmente verteilt wird.

2.12.2. Bridge

Eine Bridge ist ein Hardwaregerät zur Erweiterung eines LAN. Sie verbindet ebenfalls zwei Kabelsegmente. Sie gibt zwischen den Segmenten im Gegensatz zum Repeater aber nur vollständige, fehlerfreie Rahmen weiter. Durch Störungen oder Fehler beschädigte Rahmen werden verworfen. Für die an den beiden Segmenten

angeschlossenen Computer ist es bedeutungslos, ob sie an das LAN direkt oder über eine Bridge angeschlossen sind. Mit Bridges verbundene Netze dürfen ebenfalls keine Zyklen enthalten, ansonsten kreisen Pakete ewig.

Die meisten Bridges übernehmen außer der Weitergabe von Rahmen zwischen LAN-Segmenten weitere Aufgaben. Eine typische Bridge setzt sich aus einem herkömmlichen Computer mit CPU, Speicher und zwei Netzchnittstellen zusammen. Die wichtigste von einer Bridge bereitgestellte Funktion ist die *Rahmenfilterung*. Das heißt, dass eine Bridge nur dann Rahmen weiterleitet, wenn es nötig ist. Wenn ein Computer an einem Segment einen Rahmen an einen Computer am gleichen Segment sendet, muss die Bridge keine Kopie des Rahmens an dieses Segment weiterleiten.

Bridges haben einige Nachteile. Bridges benötigen CPU und Speicher. Sie puffern Datenpakete im Speicher. Sie sind kleine Computer und daher teurer als Repeater. Bridges können maximal so schnell sein wie Repeater. Sie sind normalerweise aber langsamer.

2.12.3. Switch

Ein Switch ist ein Netzwerk-Komponent zur Verbindung mehrerer Computer bzw. Netz-Segmente in einem lokalen Netz (LAN). Da Switches den Netzwerkverkehr analysieren und logische Entscheidungen treffen, werden sie auch als intelligente Hubs bezeichnet. Die Funktion eines Switches ist sehr ähnlich der Funktion einer Bridge. Die einzelnen Ports eines Switches können unabhängig voneinander Daten empfangen und senden. Ein Switch braucht nicht konfiguriert zu werden. Wenn er ein Paket nach dem Einschalten empfängt, speichert er die MAC-Adresse des Senders und die zugehörige Schnittstelle in der Source-Address-Table (SAT).

Switches haben folgende Vorteile:

- Wenn zwei Netzteilnehmer gleichzeitig senden, gibt es keine Datenkollision, da der Switch intern über die Backplane beide Sendungen gleichzeitig übermitteln kann.
- Der Switch zeichnet in einer Tabelle auf, welche Station über welchen Port erreicht werden kann. Hierzu werden im laufenden Betrieb die Absender-MAC-Adressen der durchgeleiteten Frames gespeichert. So werden Daten nur an den Port weitergeleitet, an dem sich tatsächlich der Empfänger befindet.
- Zwei oder mehr physikalische Ports können zu einem logischen Port zusammengefasst werden, um die Bandbreite zu steigern.

Switches haben folgende Nachteile:

- Ein Netz ist nicht mehr so einfach zu debuggen, da Pakete nicht mehr auf allen Strängen im Netz sichtbar sind, sondern im Idealfall nur auf denjenigen, die tatsächlich zum Ziel führen.
- Switches sind Sternverteiler mit einer sternförmigen Netzwerktopologie und bringen bei Ethernet keine Redundanzen mit. Fällt ein Switch aus, ist die Kommunikation zwischen allen Teilnehmern im Netz unterbrochen.

2.12.4. Hub

Der Hub bezeichnet in der Telekommunikation Geräte, die Netzwerk-Knoten sternförmig verbinden. Normalerweise wird die Bezeichnung Hub für Multiport-Repeater gebraucht. Sie werden verwendet, um Netz-Knoten oder auch weitere Hubs, z. B. durch ein Ethernet, miteinander zu verbinden.

Ein Hub besitzt nur Anschlüsse (auch Ports genannt) mit gleicher Geschwindigkeit. Zum Anschluss weiterer Hubs, oder Switches wird entweder ein spezieller Uplink-Port oder ein gekreuztes Kabel benutzt. Ein Hub arbeitet, genauso wie ein Repeater, auf Ebene 1 des ISO/OSI-Referenzmodells (Bitübertragungsschicht) und wird deswegen auch Multiport-Repeater oder Repeating-Hub genannt. Das Signal eines Netzteilnehmers wird in keinem Fall analysiert, sondern nur elektronisch aufgebessert und an alle anderen Netzteilnehmer weitergeleitet. Bei Einsatz eines Hubs im Netz wird durch die Verkabelung meist eine Stern-Topologie realisiert. Der logische Aufbau eines Hubs entspricht, wie bei der Bus-Topologie, aber dennoch einer gemeinsamen Kollisionsdomäne. Dies bedeutet, dass durch einen Hub die maximal zur Verfügung stehende Bandbreite eines Netzes gegenüber einem Bus nicht gesteigert wird, da sich alle Netzteilnehmer noch immer in der gleichen Kollisionsdomäne befinden. Der Vorteil eines Hubs im Vergleich zum Bus liegt in der erhöhten Ausfallsicherheit. Die Störung eines Kabels legt hier nicht das gesamte Netz lahm, sondern beeinträchtigt lediglich einen einzelnen Teilnehmer, der dann nicht mehr erreichbar ist. Zusätzlich ist der Fehler viel leichter zu lokalisieren.

2.12.5. Router

Router ist eine Hardwarekomponente, die für den Zusammenschluss heterogener Netze benutzt wird. Physisch sind Router mit Bridges vergleichbar. Jeder Router ist ein dediziert für die Aufgabe des Zusammenschlusses von Netzen eingesetzter Computer. Wie eine Bridge hat ein Router einen konventionellen Prozessor, einen Speicher und eine E/A-Schnittstelle für jedes angeschlossene Netz. Das Netz behandelt eine Verbindung zu einem Router wie eine zu einem regulären Computer.

Wie unkompliziert der Zusammenschluss von Netzen über einen Router ist, wird aus Abbildung 2.19 ersichtlich.

Ein Router kann zwei LANs, ein LAN und ein WAN oder zwei WANs verbinden.

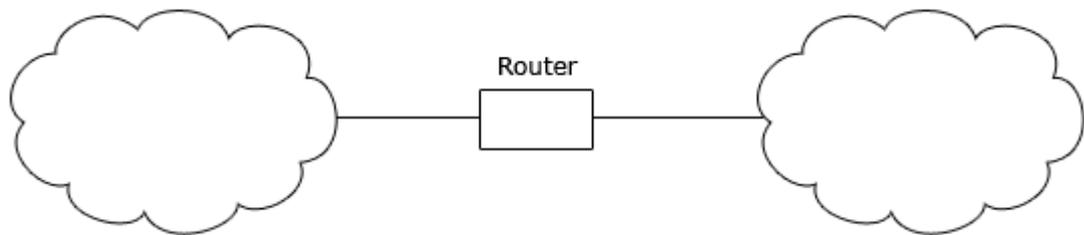


Abb. 2.19: Zwei über einen Router verbundene Netze

2.12.6. Gateway

Ein Gateway (deutsch auch Protokollumsetzer) erlaubt es Netzwerken, die auf völlig unterschiedlichen Protokollen basieren, miteinander zu kommunizieren. Ein Gateway nimmt eine Protokollumsetzung vor. Alles ist dabei dem Gateway erlaubt, was zur Konvertierung der Daten notwendig ist. Das Weglassen von Informationen ist auch erlaubt, wenn diese im Zielnetz nicht transportiert werden können. Im Detail werden sämtliche Protokollinformationen, die an ein Datenpaket angehängt werden, entfernt und durch andere (z.B. TCP/IP für das Internet) ersetzt. Daneben gibt es auch Gateways für zahlreiche andere Verwendungszwecke, etwa E-Mail zu SMS, Fax zu E-Mail, E-Mail zu Sprache usw. Anwendungsbeispiele sind z.B. Mail-Protokolle. Konkret wird MS Exchange in einer Microsoft-Umgebung als Mailsystem verwendet.

Gateways sind im Normalfall teurer, komplizierter und auch langsamer als alle anderen Internetworking-Geräte. Mit ihnen kann man dafür auch komplett unterschiedliche Netzwerke verbinden.

2.13. Vergleich der Netzwerktechnologien

Wie schon erwähnt, bietet ATM insbesondere Vorteile im Hinblick auf die Übertragung von Video und Audio im Vergleich mit anderen existierenden Netzwerktechnologien, sowie der Unterstützung weiträumiger Kommunikationsbeziehungen. Die anderen Netzwerktechnologien sind zum Teil nur für den lokalen Bereich geeignet (Ethernet und Fast Ethernet) oder zumindest auf

mittlere Entfernung begrenzt (z.B. FDDI). Ferner sind die Übertragungsleistungen meist recht eingeschränkt (z.B. Ethernet, ISDN und Frame Relay). Die meisten Technologien sind nicht für Multimedia-Kommunikation geeignet (z.B. Ethernet, Fast Ethernet, FDDI).

ATM wird aufgrund seiner Charakteristika zu Recht als Kommunikationstechnologie der Zukunft bezeichnet. Gleichzeitig muss aber auch betont werden, dass die anderen Netzwerktechnologien aufgrund ihrer günstigen Kosten (z.B. Ethernet) und ihrer starken Verbreitung (z.B. Frame Relay, FDDI) sehr oft in der Praxis benutzt werden.

3. Kommunikationssysteme

3.1. Einführung

Ein Kommunikationssystem ist eine Bezeichnung für die zusammengefassten Merkmale des Nachrichtenverkehrs in einem Netz. Im engeren Sinn ist ein Kommunikationssystem eine Einrichtung bzw. eine Infrastruktur für die Übermittlung von Informationen. Kommunikationssysteme stellen dazu Nachrichtenverbindungen zwischen mehreren Endstellen her. Offene Kommunikationssysteme erlauben die freizügige Kommunikation zwischen allen angeschlossenen Endstellen. Wichtige Voraussetzung für offene Kommunikationssysteme ist die Standardisierung der Schnittstellen und der logischen Funktionen. In Datennetzen wird dies durch die Orientierung an hierarchisch aufgebauten Architekturmodellen mit mehreren standardisierten Protokollebenen erreicht. Allgemein akzeptiertes Architekturmodell ist das OSI-Modell.

In diesem Kapitel werden die Varianten der Kommunikationssysteme und die Beziehung zwischen der Telemedizin und den Kommunikationssystemen beschrieben.

3.2. Synchrone Kommunikationssysteme

Ein synchrones Netzwerk besteht aus einem System, das Daten in einer genauen Rate überträgt. Das Netzwerk verlangsamt sich nicht mit zunehmendem Verkehr. Die Daten werden in der gleichen Rate zugestellt, in der sie abgesendet wurden. Warum die synchrone Übertragung wichtig ist, lässt sich anhand eines Beispiels erklären. Was geschieht mit einem digitalisierten Sprachsignal, wenn es in einem nicht synchronisierten Netzwerk übertragen wird? Je mehr Verkehr in ein solches Netzwerk einfließt, umso mehr kann sich die Übertragung eines bestimmten Signals verzögern. Ein durch das Netzwerk fließender Datenstrom kann sich vorübergehend verlangsamen, wenn weiterer Verkehr in das Netzwerk einströmt. Dann es kann bei Nachlassen des Verkehrsaufkommens wieder beschleunigen. Wenn aber Audio aus einem digitalisierten Gespräch verzögert wird, nimmt der Gesprächspartner dies als störend wahr. Vor allem gibt es keine einfache Möglichkeit der Behebung, wenn sich der Strom nach einer vorübergehenden Verlangsamung wieder beschleunigt. Nachdem ein Empfänger mit dem Abspielen digitalisierter Muster begonnen hat, die dann verspätet ankommen, kann er die Wiedergabe nicht beschleunigen, um den Rest

des Stroms einzuholen. Zur Vermeidung solcher Probleme muss das Netz speziell ausgelegt werden, um zusätzliche Informationen zusammen mit den digitalisierten Daten zu übertragen, so dass fortlaufende Übertragung sichergestellt wird. Die Einrichtung auf der Empfangsseite benutzt diese zusätzlichen Informationen, um ihren Takt zu synchronisieren und zu gewährleisten, dass das Netzwerk genau in der gleichen Rate verlassen, in der sie eingetreten sind.

3.3. Asynchrone Kommunikationssysteme

Unter asynchrone Kommunikationssysteme versteht man einen Modus der Kommunikation, bei dem das Senden und Empfangen von Daten zeitlich verlegt und ohne Blockieren des Prozesses durch Warten auf die Antwort des Empfängers stattfinden. [http://de.wikipedia.org/wiki/Asynchrone_Kommunikation] Datenströme bestehen aus einer Sequenz von Datenpaketen. Die Datenpakete werden einzeln vom Sender zum Empfänger verschickt. Asynchrone Datenströme setzen keine speziellen Anforderungen an die Kommunikation. Die Daten sollen möglichst schnell übertragen werden, es genügt aber, wenn sie im Notfall irgendwann ihren Empfänger erreichen. Das Kommunikationssystem muss keine Garantie bezüglich der Übertragungsgeschwindigkeit abgeben.

3.4. Leitungsvermittelte Kommunikationssysteme

Bei den leitungsvermittelten Kommunikationssystemen wird ein physikalischer Kanal zwischen Sender und Empfänger für die Übertragung aufgebaut. Dieser ist für die gesamte Dauer der Verbindung blockiert und steht anderen Datenübertragungen nicht zur Verfügung. Außerdem muss die Verbindung geschaltet werden, bevor die Daten übertragen werden können. Der Aufbau von geschalteten Verbindungen ist besonders die geeignete Strategie, wenn viele Nachrichten zwischen denselben Teilnehmern übertragen werden und diese die Kanalkapazität weitgehend ausnutzen. Da häufig die Übertragungsrate der physikalischen Leitungen viel höher als die Übertragungsrate der Kommunikationspartner ist, werden die physikalischen Leitungen in vielen Fällen im Frequenzmultiplex betrieben. Für die Verbindung werden dabei nur logische Kanäle geschaltet.

3.5. Paketvermittelte Kommunikationssysteme

Bei den paketvermittelten Kommunikationssystemen schickt der Sender seine Nachricht in einem Paket oder mehreren Paketen in das Netz. Die Pakete sind mit einer Zieladresse und einer Quellenadresse versehen. Das Netzwerk ist dann für den Transport der Pakete zum Empfänger verantwortlich. Mit Hilfe der Zieladressen werden die Pakete eventuell über mehrere Vermittlungsstationen zum Empfänger geleitet. Aufgabe des Netzwerks ist die Suche nach einem möglichst schnellen Weg. Die Quellenadresse beschreibt dem Empfänger den Absender des Pakets.

Der Vorteil der paketvermittelten Kommunikationssysteme liegt darin, dass eine Leitung immer nur für die Dauer eines Pakets belegt ist. Somit diese Leitung kann gleichzeitig von mehreren logischen Verbindungen genutzt werden.

3.6. Nachrichtenvermittelte Kommunikationssysteme

Bei den nachrichtenvermittelten Kommunikationssystemen wird eine Nachricht beliebiger Länge von Knoten zu Knoten transportiert. Es braucht dabei zu keinem Zeitpunkt eine durchgehende Verbindung zwischen Sender und Empfänger zu bestehen.

In den grundsätzlichen Eigenschaften weisen die paketvermittelte Kommunikationssysteme und die nachrichtenvermittelte Kommunikationssysteme große Ähnlichkeiten auf. Wie die paketvermittelte Kommunikationssysteme arbeiten auch die nachrichtenvermittelte Kommunikationssysteme nach dem Speichern und Weitergabe Prinzip. Die Verzögerungen, die sich in den einzelnen Knoten ergeben, sind größer als bei den paketvermittelten Kommunikationssystemen.

Ein nachrichtenvermittelte Kommunikationssystem hat drei Phasen:

- Verbindungsaufbau
- Nachrichtenaustausch
- Verbindungsabbau

Werden zwei Endstellen verbunden, wird dies als Punkt-zu-Punkt Verbindung bezeichnet. Sind es mehr als zwei, wird es als Mehrpunktverbindung bezeichnet. Spezielle Formen der Mehrpunktverbindung können Dienste wie Rundruf (broadcast) oder Gruppenruf (multicast) beinhalten.

Es gibt 2 Arten des nachrichtenvermittelten Kommunikationssystems: verbindungsorientiert und verbindungslos. Eine Kommunikationsart, bei der vor der

Übertragung von Nutzdaten eine Nachrichtenverbindung zwischen Sender und Empfänger hergestellt werden muss, wird verbindungsorientiert genannt. Dies kann durch die Vermittlung einer Leitung oder durch den Aufbau eines logischen Kanals geschehen. Das Gegenteil von verbindungsorientiert ist verbindungslos.

4. Datenkommunikation, Datenübertragung und Datenfernübertragung

4.1. Einführung und Grundbegriffe

Unter Datenkommunikation versteht man den Austausch von Information, Sprache, Text, Bilder usw. zwischen Kommunikationspartnern über einen Übertragungskanal. Die Kommunikationspartner unterscheiden sich in den Sender einer Nachricht und den Empfänger der Nachricht. Es gibt zwei Möglichkeiten zum Datenaustausch über ein Netzwerk mit mehreren Teilnehmern. Erste ist das Schalten einer Verbindung zwischen zwei Kommunikationspartnern für die Dauer der Verbindung (Leitungsvermittlung) und Zweite ist die Aufteilung einer Nachricht in Pakete, die einzeln über das Netz gesendet werden (Paketvermittlung). Bei der Leitungsvermittlung wird zwischen Sender und Empfänger ein physikalischer Kanal aufgebaut. Dieser Kanal ist für die gesamte Dauer der Verbindung blockiert und steht anderen Datenübertragungen nicht zur Verfügung (siehe Abschnitt 3.4). Bei der Paketvermittlung schickt der Sender eine Nachricht in einem oder mehreren Paketen in das Netz. Das Netzwerk ist für den Transport der Pakete zum Empfänger verantwortlich (siehe Abschnitt 3.5). [Schürmann 04]

Die Telekommunikation ist die Kommunikation über größere Entfernungen. Der Grundstein zur modernen Telekommunikation wurde 1833 durch die Erfindung des Telegraphen gelegt. Mit der Entwicklung des Telefons in den sechziger Jahren des 19. Jahrhunderts beginnt die Geschichte der Kommunikation von Teilnehmer zu Teilnehmer im privaten Bereich. Telex ist das erste Textkommunikationssystem. Das ermöglicht eine direkte Verbindung zwischen den Dienstteilnehmern. [Conrads 04]

Die Telekommunikation wird durchgehend entwickelt. Daten wurde mit dem Kabel übertragen. Heute sind auch kabellose Übertragungen möglich.

In diesem Kapitel werden die bekanntesten und modernsten Methoden der Datenübertragung beschrieben. Diese Methoden sind ISDN, ADSL und die andere Variante, GSM, GPRS, UMTS, IrDA und Bluetooth.

4.2. ISDN

Das ISDN (Integrated Services Digital Network) basiert auf dem digitalen Fernsprechnetz. Das ISDN ist ein durchgehend digital arbeitendes Netzwerk. Das

ISDN ist einerseits ein Telefonnetz, liefert aber andererseits zusätzliche Datendienste. ISDN verwendet das Kupfernetz. Über das Telefonnetz werden analoge Daten (Sprache) übertragen. Analoge Daten sind nicht codiert. Um Daten über das analoge Telefonnetz übertragen zu können, muss man die Daten in analoge Schwingungen umformen. Dies geschieht mit einem speziellen Gerät, einem Modem.

ISDN ist ein digitales Übertragungsmedium. Für die Übertragung von Sprache ist eine Umwandlung der analogen Signale in Bits erforderlich. Die Sprachübertragung im analogen Telefonnetz erfolgt im Frequenzband bis höchstens 3 kHz. Die Qualität ist normal, ausreichend. Im ISDN-Netz wird Sprache bis 4 kHz übertragen, klingt also etwas brillanter. [Brell 03]

Die Dienste im ISDN werden zwischen Telediensten (Kommunikationsdiensten) und Übermittlungsdiensten (Transportdiensten) unterschieden. Bei den Telediensten sind die zu verwendenden Protokolle bis zur Ebene 7 des OSI-Modells und die Funktionalität der Endgeräte vorgeschrieben. Bei den Übermittlungsdiensten können Endgeräte das Netz zum Transport beliebiger Informationen benutzen. Teledienste sind Fernsprechen, Telefax und Videokonferenz. Bei den Transportdiensten werden leitungsvermittelnde und paketvermittelnde Übermittlungsdienste angeboten.

ISDN basiert auf leitungsvermittelten 64 kbps Kanälen, die nach dem Verbindungsaufbau einen beliebigen Datenstrom transparent übertragen, d.h. Die Endgeräte (Rechner) müssen sich auf die zu verwendenden Protokolle verständigen. [Conrads 04]

ISDN war ein breit angelegter Versuch, das analoge Telefonsystem durch ein digitales abzulösen, das Sprache und Datenverkehr unterstützt. Die Erreichung einer weltweiten Vereinbarung über den Schnittstellenstandard sollte zu einer großen Marktnachfrage nach ISDN-Anlagen führen. Leider hat der Standardisierungsprozess Jahre gedauert. Die Technologie ist den Bemühungen in diesem Bereich davongelaufen, so dass der Standard schon überholt war. [Comer 00]

4.3. DSL, ADSL und andere Arten

Für hohe Datenübertragungsgeschwindigkeiten wurde eine Technik namens DSL (Digital Subscriber Line) entwickelt. Es gibt DSL in mehreren Varianten. Deshalb wird das Verfahren insgesamt xDSL genannt, wobei das x die jeweilige Variante bezeichnet.

Von allen DSL-Verfahren ist ADSL (Asymmetric Digital Subscriber Line) am bekanntesten. Aus Sicht des Teilnehmers bietet ADSL die Möglichkeit, digitale Informationen in hoher Geschwindigkeit zu senden und zu empfangen. Für den Teilnehmer, der Informationen aus dem Netz beschaffen will, ist ADSL die interessante Variante. Die Datenrate zum Teilnehmer (Downstream) ist hoch, die Datenrate zum Netz (Upstream) ist gering. Bei ADSL entsteht die Asymmetrie durch Bitrate: Die verfügbare Bandbreite wird aufgeteilt, um in einer Richtung eine viel höhere Bitrate als in der anderen Richtung zu erreichen.

Eine Übersicht über die wichtigsten Arten und ihre Merkmale gibt die Tabelle 4.1. Diese Arten werden hier detailliert erklärt.

Die maximale Downstream-Rate bei ADSL ist 6,1 Mbps. Die maximale Upstream-Rate ist 640 Kbps. ADSL setzt keine Änderungen in der lokalen Ringleitungsverkabelung voraus, weil die Technologie für den Betrieb über die vorhandene Kupferdoppelader des analogen Telefonnetzes ausgelegt wurde.

Abgesehen von ADSL wurden weitere DSL-Technologien entwickelt, die jeweils die Bandbreite nutzen, um ein bestimmtes Ziel zu erreichen. Jede hat daher spezifische Vorteile für bestimmte Anwendungen.

SDSL (Symmetric Digital Subscriber Line) bietet symmetrische Bitraten in beide Richtungen. Manche Benutzer z.B. Firmen exportieren viel mehr Daten als sie importieren. Leider bieten nur wenige Telefongesellschaften ADSL mit umgekehrter Asymmetrie. Deshalb eignet sich SDSL für diese Benutzer viel besser.

HDSL (High-rate Digital Subscriber Line) unterstützt die Bitrate von 1,544 Mbps in beiden Richtungen. Einer der Nachteile von HDSL ist die Einschränkung auf kurze Reichweiten über lokale Ringleitungen. Ein anderer Nachteil ergibt sich aus den Anschlussanforderungen. Im Gegensatz zu ADSL, das über ein verdrehtes Kabelpaar geführt wird, benötigt HDSL zwei unabhängige verdrehte Kabelpaare. Aufgrund dieses Nachteils wurde HDSL2 entwickelt. Ein Vorteil von HDSL ist die Fähigkeit über Störungen gelassen hinwegzusehen. Die Technologie wird so ausgelegt, dass Modems nicht völlig ausfallen, wenn eines der beiden Adernpaare ausfällt. Sie setzen den Betrieb in der Hälfte der maximalen Bitrate fort.

VSDL (Very-high bit rate Digital Subscriber Line) bietet noch höhere Datenrate. VSDL kann eine Datenrate von bis zu 52 Mbps erreichen. Obwohl diese hohen Raten über die Kupferdoppelader möglich sind, kann VSDL mit der vorhandenen Kabelinfrastruktur zwischen einer Zentralvermittlungsstelle der Telefongesellschaft und die Teilnehmern nicht realisiert werden, weil die Entfernung zu groß sind. Deswegen VSDL benutzt Glasfaser. [Comer 00]

Bezeichnung	Datenrate	Max. Entfernung	Bemerkung
ADSL	1,5 Mbps downstream 176 kbps upstream	bis 6 km	- ANSI und ETSI Standard - Erfolgreiche Pilotprojekte in mehreren Ländern
	6,1 Mbps downstream 640 kbps upstream	bis 4 km	
RADSL	1,5 Mbps downstream 176 kbps upstream	Datenrate abhängig von der Leitungsqualität	- Die meisten ADSL-Installationen sind ratenadaptiv
	6,1 Mbps downstream 640 kbps upstream		
VDSL	13 Mbps downstream 1,6 Mbps upstream	bis 1500 m	- Wegen der geringen Reichweiten ist in jedem Falle eine Faseroptik zum Kupfer erforderlich
	52 Mbps downstream 2,3 Mbps upstream	bis 330 m	
SDSL / MDSL	768 kbps downstream 768 kbps upstream	bis 3,3 km	
HDSL	Mit 2 Adernpaaren: 768 kbps downstream 768 kbps upstream	bis 5 km	- Besteht aus mehreren SDSL-Leitungen
	Mit 3 Adernpaaren: 2,048 Mbps downstream 2,048 Mbps upstream		
HDSL2	1,544 Mbps downstream 1,544 Mbps upstream	bis 4 km	
CDSL	1 Mbps downstream 128 kbps upstream	bis 5,5 km	- Erfordert keinen Ton-Splitter zur Trennung von Sprache und Daten

Tabelle 4.1: DSL Variante

4.4. GSM

Das „Global System for Mobile Communications“ (GSM) ist ein Standard für voll-digitale Mobilfunknetze, der hauptsächlich für Telefonie, aber auch für leitungsvermittelte und paketvermittelte Datenübertragung genutzt wird. GSM wurde mit dem Ziel geschaffen, ein mobiles Telefonsystem anzubieten, das Teilnehmern

eine europaweite Mobilität erlaubte und mit ISDN oder herkömmlichen analogen Telefonnetzen kompatible Sprachdienste anbot. Der Standard wird heute in 670 GSM-Mobilfunknetzen in rund 200 Ländern und Gebieten der Welt als Mobilfunkstandard genutzt.

Im Unterschied zum Festnetz gibt es bei einem Mobilfunknetz diverse zusätzliche Anforderungen:

- Die Teilnehmer sind mobil und können somit von einer Funkzelle in eine andere Funkzelle wechseln. Geschieht dies während eines Gesprächs oder einer Datenverbindung, dann muss die Gesprächsverbindung von einer Basisstation zur nächsten übergeben werden. Das Mobiltelefon bekommt damit seine Funkverbindung immer zu der bestgeeigneten Basisstation.
- Mobiltelefone verfügen nur über eine begrenzte Akkukapazität, die sparsam genutzt werden sollte. Generell gilt, dass Senden mehr Energie kostet als Empfangen. Deshalb werden im Standby-Betrieb so wenige Daten wie möglich gesendet und die Zahl der Status-Meldungen ist gering.

Die mit GSM erzielbaren Reichweiten schwanken stark, je nach Geländeprofil und Bebauung. Im Freien sind bei Sichtkontakt teilweise 35 km und mehr erreichbar. Bei größeren Entfernungen verhindert die Laufzeit der Funksignale eine Kommunikation zwischen Basis- und Mobilstation. In Städten beträgt die Reichweite aufgrund von Dämpfungen durch Gebäude und durch die niedrigere Antennenhöhe oft nur wenige hundert Meter. Dort stehen die Basisstationen allerdings aus Kapazitätsgründen auch dichter beieinander. [<http://de.wikipedia.org/wiki/GSM>]

In Europa wurde GSM zunächst im 900 Mhz Frequenzband von 890-915 Mhz im Uplink und von 935-960 Mhz im Downlink spezifiziert. Uplink ist dabei die Senderichtung von Mobiltelefon zu Netzwerk. Downlink ist die Senderichtung von Netzwerk zu Mobiltelefon. Die Bandbreite von 25 Mhz ist in 125 Kanäle mit einer Bandbreite von jeweils 200 kHz aufgeteilt. [Sauter 06]. Diese Kanäle teilen sich in Österreich die Mobilfunkbetreiber T-Mobile, Mobilkom-Austria, Teling, One und Drei.

Schon bald war abzusehen, dass diese Kanalanzahl für den schnell wachsenden Mobilfunkverkehr in vielen europäischen Ländern nicht ausreichend sein würde. Deshalb wurde in einem zweiten Schritt ein Frequenzband im Frequenzbereich von 1710-1785 Mhz im Uplink und 1805-1880 Mhz im Downlink für GSM in Europa geöffnet. Statt einer Bandbreite von 25 Mhz wie im 900 Mhz Bereich steht hier eine Bandbreite von 75 Mhz zur Verfügung. Dies entspricht 375 zusätzlichen Kanälen.

In Österreich sind die Frequenzbereiche 880-915 MHz und 925-960 MHz, 1710-1785 MHz und 1805-1880 MHz für GSM reserviert.

GSM arbeitet mit unterschiedlichen Frequenzen für den Uplink (vom Mobiltelefon zum Netz) und den Downlink (vom Netz zum Mobiltelefon). Die Tabelle 4.2 zeigt die Frequenzbänder:

Name	ARFCN *	Uplink (MHz)	Downlink (MHz)	Anmerkungen
GSM 900 (Primary)	0-124	890-915	935-960	auch als P-GSM-Band (Primary GSM) bezeichnet da ursprünglich nur 890,0 MHz – 915,0 MHz und 935,0 MHz – 960,0 MHz vorgesehen waren.
GSM 900 (Extendet)	975-1023, 0-124	880-915	925-960	auch als E-GSM-Band (Extended GSM) bezeichnet da nachträglich das Frequenzband um 10 MHz erweitert wurde.
GSM 1800	512-885	1710-1785	1805-1880	früher als DCS-Band (Digital Cellular System) bezeichnet; heute GSM 1800

* ARFCN = Absolute Radio Frequency Channel Number

Tabelle 4.2: GSM - Frequenzbereiche

4.4.1. GSM-Architektur

Ein GSM-System besteht aus drei Subsystemen (Abbildung 4.1):

- Radio Subsystem, bestehend aus
 - Mobilstationen
 - Base Station Subsystem (Feststationen)
- Network and Switching Subsystem (Vermittlungssystem)
- Betreiber Subsystem

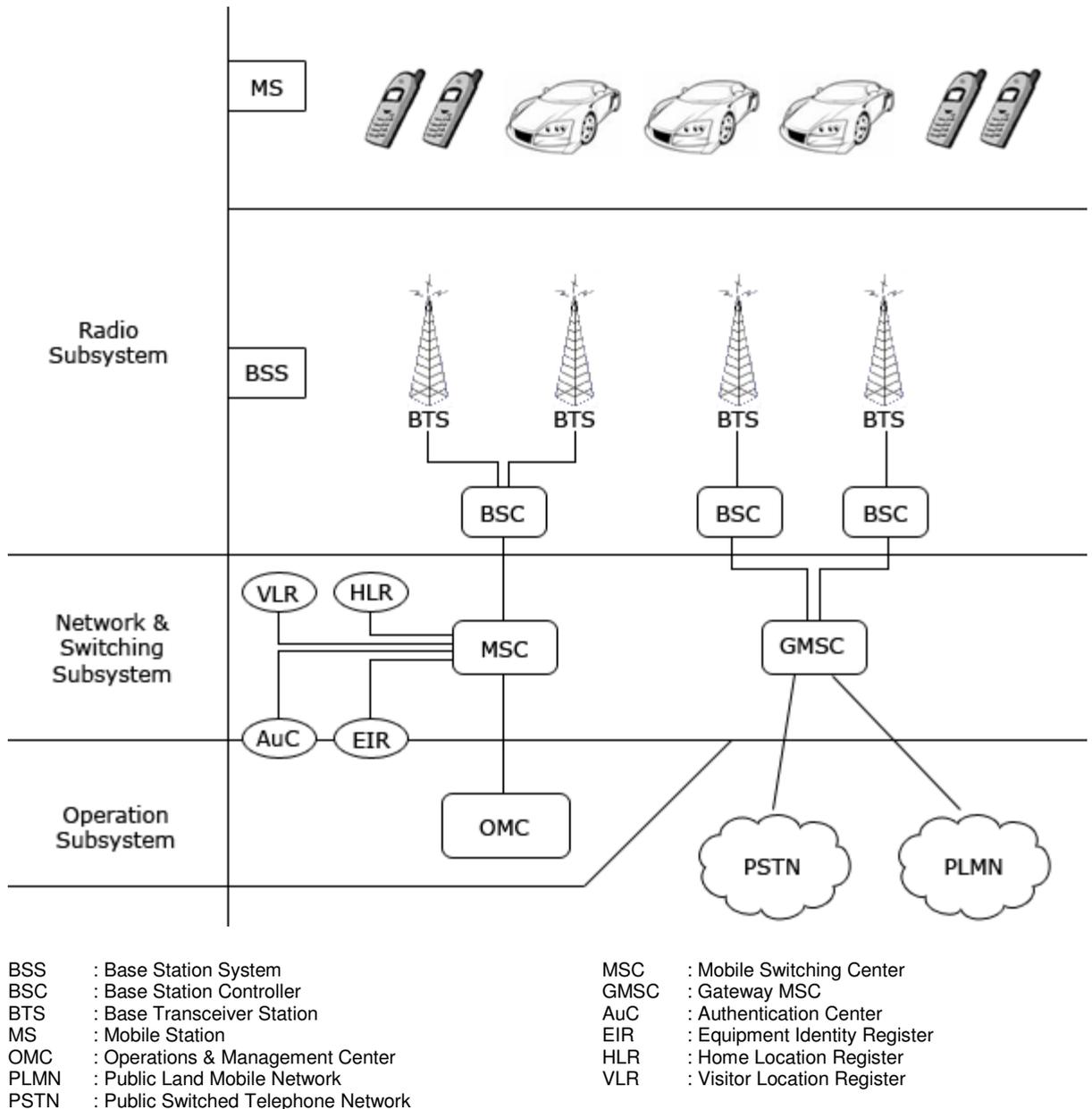


Abb. 4.1: Architektur eines GSM-Systems

Radio Subsystem

Die Mobilstation ist das mobile Endgerät eines Teilnehmers. Sie besteht aus dem Funkgerät (Sende-/Empfangseinheit) und der Benutzerschnittstelle, die der Teilnehmer für die Nutzung der GSM-Dienste benötigt.

Das System der Feststationen besteht aus den Sende-/Empfangseinrichtungen und den Steuereinheiten. Eine Sende-/Empfangseinheit enthält die Funkeinrichtungen zur Versorgung einer Funkzelle. Sie nimmt auch die für die Funkstrecke erforderlichen Signalanpassungen (Sprachcodierung/-decodierung) vor. Die Steuereinheit ist für die Verwaltung der Funkschnittstelle zuständig.

Network and Switching Subsystem (Vermittlungssystem)

Das Vermittlungssystem wird durch Mobile Switching Center (MSC) realisiert. Über MSC werden Verbindungen von einer Mobilstation zu anderen Teilnehmern hergestellt. Dies gilt für Partner im gleichen Funknetz ebenso wie für Partner in einem Funknetz eines anderen Betreibers oder einem öffentlichen Festnetz.

Betreiber Subsystem

Das Betreiber Subsystem ist vor allem für den Betreiber eines GSM-Netzes von Bedeutung. Es dient der Teilnehmerverwaltung, einschließlich der Gebührenabrechnung.

4.4.2. GSM-Dienste***Fernsprechen***

GSM wurde als System zur Übertragung von Sprache entwickelt und ist dafür optimiert. Sprache wird wie andere Informationen verschlüsselt übertragen.

Notrufdienst

Durch Wählen der nationalen Notrufnummer wird eine Sprachverbindung zur nächsten, zuständigen Rettungsleitstelle hergestellt.

SMS (Short Message Service)

Dieser Dienst erlaubt es, Kurznachrichten von maximal 160 Bytes Länge zu übermitteln. Es handelt sich um einen Store-and-Forward-Dienst, der über eine SMS-Zentrale realisiert wird. D.h. eine Kurznachricht wird von der sendenden Mobilstation zur SMS-Zentrale übertragen. Dort wird die SMS zwischengespeichert und in einer zweiten Übertragung von dort der adressierten Mobilstation zugestellt. Wenn der Empfänger nicht erreichbar ist, bleibt die Nachricht für eine definierte Zeit gespeichert und es wird in regelmäßigen Abständen versucht, sie zuzustellen.

Datenübertragung

Für die Datenübertragung wird wie für die Sprachübertragung ein Verkehrskanal mit einer Bitrate von 22,8 kbps verwendet. Übliche Datenraten sind 9,6 kbps und 14,4 kbps. Beide ist jedoch für viele Internet- und Multimediaanwendungen zu wenig, so dass Erweiterungen unter dem Namen GPRS geschaffen wurden, die eine höhere Datenrate ermöglichen. [Conrads 04]

4.5. GPRS

Aufgrund der Unflexibilität leitungsvermittelter Verfahren wurde GPRS (General Paket Radio Service) entwickelt. GPRS beruht auf der paketorientierten

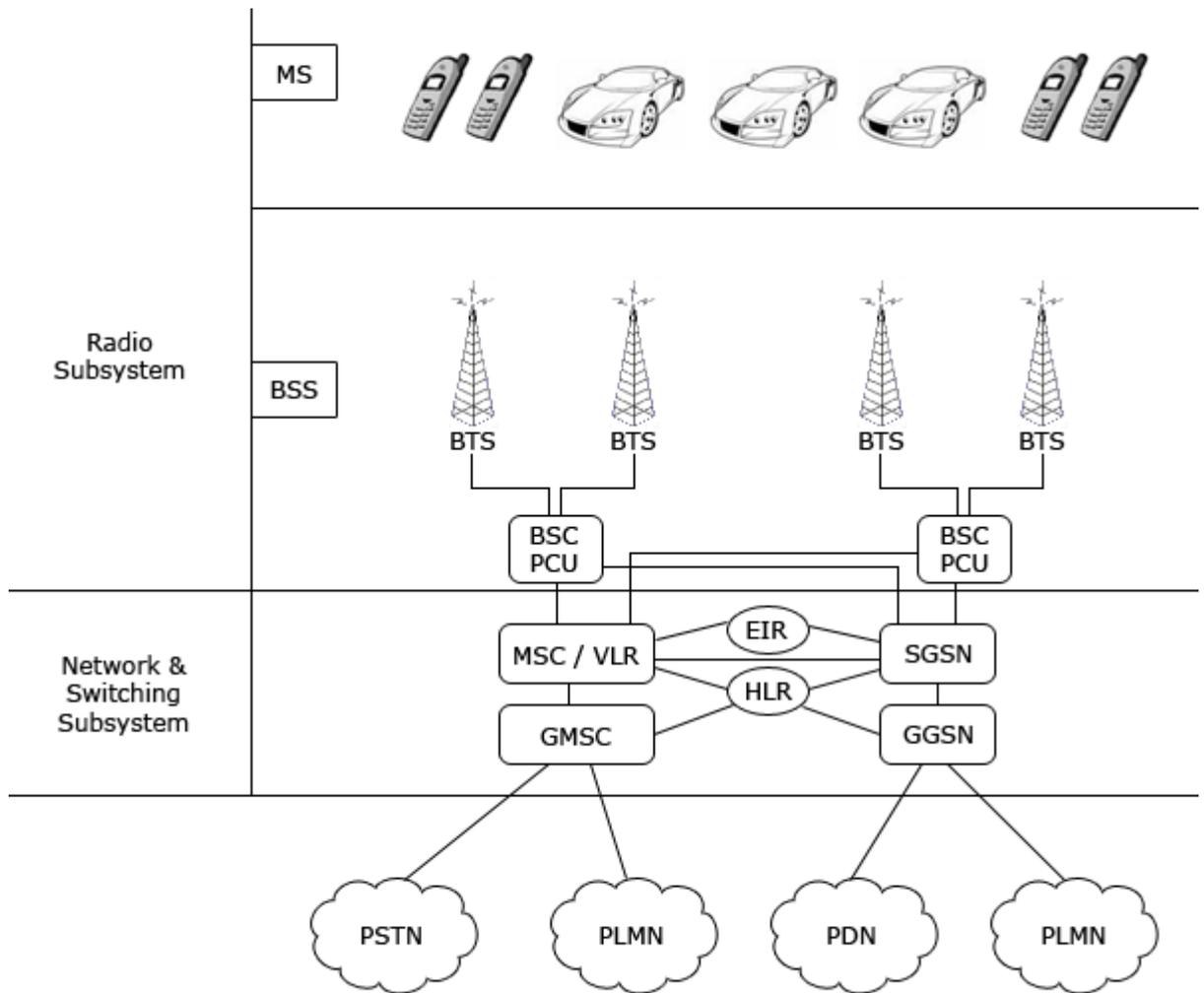
Datenübertragung und Zeitschlitz (Timeslots) nur dann belegt, wenn diese auch tatsächlich benötigt werden. So können Sprechpausen für die Datenübertragung genutzt werden, ohne einen Sprachkanal zu blockieren. GPRS ist wesentlich effizienter und flexibler als GSM. [Krüger 04]

GSM verwendet Zeitschlitz auf der Luftschnittstelle für die Kommunikation mit mehreren Teilnehmern. Während einer leitungsvermittelten Verbindung bekommt ein Teilnehmer einen logischen Traffic Channel (TCH) fest zugeteilt, der auf einem physikalischen Timeslot übertragen wird. Dieser kann nicht für andere Teilnehmer verwendet werden, auch wenn darauf für eine gewisse Zeit keine Daten übertragen werden. GPRS ist bei der Zuteilung der physikalischen Ressourcen sehr viel flexibler. Die kleinste physikalische Ressource, die bei GPRS einem Teilnehmer zugeteilt werden kann, ist ein Block, der aus 4 Bursts eines Packet Data Traffic Channel (PDTCH) besteht. Ein logischer PDTCH ist dem logischen TCH sehr ähnlich, da auch er auf einem physikalischen Timeslot übertragen wird. Wenn ein Teilnehmer weitere Daten übertragen möchte, kann das Netzwerk auch die nachfolgenden Blocks des PDTCH dem Teilnehmer zuweisen. Um die Übertragungsgeschwindigkeit eines Teilnehmers zu steigern, können mehrere Timeslots gleichzeitig verwendet werden. [Sauter 06]

GPRS enthält bereits vorhandene Komponenten aus GSM und neue Komponenten. Die Abbildung 4.2 zeigt die Architektur des GPRS-Systems. Die neuen Komponenten sind SGSN (Serving GPRS Support Node) und GGSN (Gateway GPRS Support Node). Beide Komponenten sind im Wesentlichen Router für Datenpakete.

Der SGSN unterstützt das mobile Endgerät bei paketorientierten Übertragungen (Ortsverfolgung, Berechtigungsprüfungen, Sicherheitsfunktionen). Der SGSN leitet innerhalb eines gewissen Zuständigkeitsbereichs Datenpakete von und zu Mobilstationen weiter. [Conrads 04]

Über den GGSN werden Verbindungen zu anderen paketfähigen Funknetzen und zu öffentlichen leitungsgebundenen Paketnetzen hergestellt.



BSS : Base Station System
 BSC : Base Station Controller
 PCU : Packet Control Unit
 BTS : Base Transceiver Station
 MS : Mobile Station
 PDN : Packet Data Network
 PLMN : Public Land Mobile Network
 PSTN : Public Switched Telephone Network

MSC : Mobile Switching Center
 GMSC : Gateway MSC
 GGSN : Gateway GPRS Support Node
 SGSN : Serving GPRS Support Node
 EIR : Equipment Identity Register
 HLR : Home Location Register
 VLR : Visitor Location Register

Abb. 4.2: Architektur eines GPRS-Systems

Ziel von GPRS ist es, eine adäquate Transportplattform für asynchronen Verkehr begrenzter Menge bereitzustellen. Bedeutsam ist dies vor allem für elektronische Post (E-Mail) und die Nutzung von Internet-Diensten.

Die Nutzung von GPRS erfordert paketfähige, also neue, mobile Endgeräte. Der Standard sieht drei Klassen von mobilen Endgeräten vor: Klasse A, Klasse B, Klasse C.

Klasse A: Endgeräte, die gleichzeitig kanalvermittelt und paketvermittelt kommunizieren können, es also beispielsweise gestatten, parallel zu einer im Paketmodus laufenden Datenübertragung ein Telefongespräch zu führen.

Klasse B: Endgeräte, die sowohl paketvermittelnde Modus als auch kanalvermittelnder Modus unterstützen und bei einem ankommenden Ruf auch automatisch den richtigen Modus auswählen, aber zu einem Zeitpunkt nur in einem Modus kommunizieren können.

Klasse C: Endgeräte, die entweder als kanalvermittelnde oder paketvermittelnde Endgeräte angemeldet sind und dann nur in diesem Modus kommunizieren können.

Die Paketvermittlung legt ein volumenabhängiger Tarif nahe und erlaubt einem mobilen Teilnehmer, jederzeit online zu sein ohne bezahlen zu müssen.

4.6. UMTS

UMTS ist nach GSM und GPRS der nächste Schritt in der Evolution mobiler Telekommunikationsnetzwerke. UMTS vereinigt die Eigenschaften eines leitungsvermittelnden Sprachnetzwerkes mit den Eigenschaften eines paketvermittelnden Datennetzwerkes. UMTS bietet im Vergleich zu bisherigen Technologien eine Vielzahl neuer Möglichkeiten. UMTS ist ein zelluläres Mobilfunksystem der 3. Generation. Vorschläge für ein FPLMTS (Future Public Land Mobile Telecommunication System) kamen aus verschiedenen Regionen (USA, Europa), deren Standardisierungsgremien (ETSI für Europa) in einem 3rd Generation Partnership Project (3GPP) harmonisiert die Vorschläge und haben zusammengefasst. Damit soll in Zukunft weltweite mobile Kommunikation möglich werden. Das Ergebnis trägt die Bezeichnung IMT-2000 (International Mobile Telecommunication at 2000 MHz), dessen Bestandteil UMTS ist.

Es gibt mehrere Phasen von UMTS. Die erste Phase (Release 99) unterscheidet sich vom Vorgängersystem GSM vor allem durch eine neue Funkzugriffstechnik Wideband CDMA, die auf CDMA basiert. Durch diese Technik werden höhere Übertragungsraten möglich. Außerdem kann eine Mobilstation, also das UMTS-fähige Endgerät, mehrere Datenströme gleichzeitig senden, beziehungsweise empfangen. Damit können Benutzer beispielsweise gleichzeitig telefonieren und E-Mails empfangen. Hauptziel von UMTS Release 99 ist neben der Sprachtelefonie die Einführung von schnellen Paketdatendiensten für zahlreiche neue Anwendungen. Diese Anwendungen sind z.B. MMS Nachrichten mit breitbandigen Audio und Video Inhalten, mobiles Fernsehen. UMTS erlaubt eine maximale Datenrate von 2 Mbps.

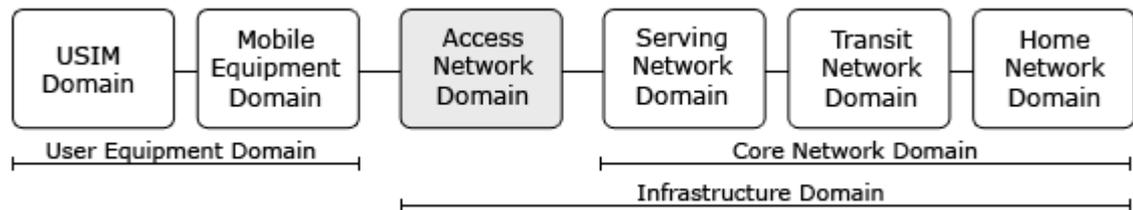


Abb. 4.3: UMTS-Bereiche

Bei UMTS sind mehrere Bereiche definiert. Die Abbildung 4.3 zeigt diese Bereiche. Diese Bereiche werden hier kurz beschrieben.

Die User Equipment Domain enthält die mobilen Endgeräte (Mobile Equipment, ME) und User Service Identity Module (USIM). Das Modul USIM wird benutzt, um ein Endgerät für einen registrierten Benutzer zu personalisieren. Dazu gehören alle Informationen zur Sicherstellung und Wahrung der Identität eines Teilnehmers. Dieses Modul ist durch eine SIM-Karte (Subscriber Identity Module) realisiert. [Conrads 04]

Die Access Network Domain umfasst das Funknetz, über das die Teilnehmer mit ihren mobilen Endgeräten Zugang zum Kernnetz erhalten. Die Teilnehmer können darüber zugänglichen Dienste und Netze benutzen.

Die Core Network Domain (Kernnetzbereich) besteht aus verschiedenen paketvermittelnden und kanalvermittelnden Netzen. Die Teilbereiche vom Kernnetzbereich sind Serving Network Domain, Home Network Domain und Transit Network Domain.

Die Vorteile des UMTS sind so:

Kürzere Verzögerung: Die Hauptursache der langen Verzögerungszeiten bei GPRS ist die ständige Neuzuweisung von Ressourcen, vor allem bei burstartigen Datenübertragungen. Dies ist bei UMTS nicht mehr nötig, weil auch für die paketvermittelte Übertragung ein dedizierter Kanal zwischen Teilnehmer und Netzwerk verwendet werden kann. Dieser Kanal wird nicht sofort wieder abgebaut, wenn für einige Sekunden keine Daten mehr übertragen werden, sondern steht dem Teilnehmer weiterhin zur Verfügung.

Keine Unterbrechung bei Zellwechseln: Die Vergabe eines dedizierten Kanals bringt beim Zellwechsel gegenüber GPRS wesentliche Vorteile. Bei GPRS wird der Zellwechsel von der Mobilstation selbständig durchgeführt. Danach muss das Endgerät zuerst den Kanal abhören, bevor die Verbindung mit dem Netzwerk

wiederhergestellt werden kann. Dies bedeutet eine Unterbrechung der Übertragung und dauert 1-3 Sekunden. Bei UMTS hingegen gibt es keine Unterbrechung beim Zellwechsel. Weil der Zellwechsel wird vom Netzwerk kontrolliert. Deswegen werden Datenübertragungen aus fahrenden Objekten (Autos, Zügen) wesentlich effizienter als bisher.

Größere Bandbreite: Ein Problem bei GSM ist die historisch bedingte Auslegung auf schmalbandige Sprachtelefonie. Dies konnte mit GPRS per Timeslotbündelung überwunden werden. Aber die maximale Datenrate bleibt wegen einer Bandbreite von nur 200 kHz pro Trägers sehr begrenzt. Bei UMTS sind breitbandigere Datendienste möglich, im Downlink eine Übertragungsgeschwindigkeit von 384 Kbps und im Uplink eine Übertragungsgeschwindigkeit von 128 Kbps.

Videotelefonie: Mit UMTS sind leitungsvermittelte 64 kbps Datenverbindungen in Uplink und Downlink möglich. Dies entspricht der Geschwindigkeit einer ISDN Verbindung und wird hauptsächlich für Videotelefonie zwischen UMTS Teilnehmern verwendet. [Sauter 06]

4.7. IrDA (Infrared Data Association)

Die Infrared Data Association (IrDA) beschreibt physische Spezifikationen und Kommunikationsprotokoll-Standards einer Infrarot-Schnittstelle für den Austausch von Daten mittels infrarotem Licht (850 bis 900 nm) über kurze Strecken. IrDA ist ein simpler Vertreter der optischen Datenübertragung im Raum, allerdings nur über sehr kurze Strecken. Vorteilhaft ist der preisgünstige Aufbau. Nachteilig ist, dass die Übertragung nur auf kurze Distanz möglich ist.

Die schnurlosen Fernsteuerungen, die in zahlreichen Geräten wie Fernseher und Stereoanlagen benutzt werden, kommunizieren über Infrarotstrahlen. Infrarotübertragungen sind auf kleinen Bereich z.B. in einem Raum begrenzt. Infrarotübertragungen setzen normalerweise voraus, dass der Sender auf den Empfänger ausgerichtet ist. Infrarot-Hardware ist preisgünstig und erfordert keine Antenne.

Für Rechnernetze kann die Infrarottechnik zur Datenübertragung genutzt werden. Infrarotnetze sind praktisch für kleine tragbare Computer, weil Infrarot den Vorteil hat, dass weder Kabel noch Antennen erforderlich sind. Das bedeutet, dass in einem Computer, der die Infrarottechnik benutzt, die gesamte Kommunikationshardware integriert ist.

4.8. Bluetooth

Bluetooth ist ein in den 1990er Jahren entwickelter Industriestandard gemäß IEEE 802.15.1 für die drahtlose (Funk-)Vernetzung von Geräten über kurze Distanz. Bluetooth bietet eine drahtlose Schnittstelle. Sowohl mobile Kleingeräte wie Mobiltelefone und PDAs als auch Computer und Peripheriegeräte können über diese Schnittstelle miteinander kommunizieren. Ein solches Netzwerk wird auch als Wireless Personal Area Network (WPAN) bezeichnet. Hauptzweck von Bluetooth ist das Ersetzen von Kabelverbindungen zwischen Geräten.

Bluetooth-Geräte senden als Short Range Devices im lizenzfreien ISM-Band (Industrial, Scientific and Medical Band) zwischen 2,402 GHz und 2,480 GHz. Sie dürfen weltweit zulassungsfrei betrieben werden. Störungen können aber zum Beispiel durch WLAN-Netze, schnurlose (drahtlose) Telefone, Garagentoröffner oder Mikrowellenherde verursacht werden, die im gleichen Frequenzband arbeiten. Theoretisch kann eine Datenübertragungsrate von 706,25 kbps beim Herunterladen (Download) bei gleichzeitigen 57,6 kbps beim Heraufladen (Upload) erreicht werden. Seit der Version 2.0 + EDR können Daten durch EDR (Enhanced Data Rate) maximal etwa dreimal so schnell übertragen werden, also mit rund 2,1 Mbps. Bluetooth unterstützt die Übertragung von Sprache und Daten. Eine Verschlüsselung der transportierten Daten ist ebenfalls möglich.

Bluetooth gilt nur dann nicht mehr als sicher, wenn der PIN-Code zu kurz gewählt ist (etwa 4 Dezimalziffern oder weniger). Für Geräte, die die Schlüssel permanent speichern, besteht demnach keine Gefahr. Da nach Verbindungsstörungen oder manuellem erneuten Verbindungsaufbau keine erneute PIN-Authentifizierung ausgelöst wird, sondern auf den auf beiden Geräten gespeicherten Schlüssel zurückgegriffen wird.

Ein Bluetooth-Netzwerk kann bis zu 260 Teilnehmer umfassen, von denen acht Geräte gleichzeitig aktiv sein können. Alle nicht aktiven Geräte können im Parkmodus die Synchronisation halten und auf Anfrage im Netz aktiviert werden. Das Bluetooth-Netzwerk besteht aus einem Master und bis zu sieben weiteren Teilnehmern (Slave). Der Master steuert die Kommunikation und vergibt Sendeslots an die Teilnehmer. Ein Bluetooth-Gerät kann in mehreren Bluetooth-Netzwerken angemeldet sein, allerdings nur in einem Netz als Master fungieren.

Es werden zwei unterschiedliche physikalische Datenkanäle zur Verfügung gestellt:

Die synchrone Datenübertragung ist zur Übertragung von Audiodaten, speziell von Sprachdaten, mit einer Datenrate von 64 Kbps gedacht. Dieses Verfahren heißt leitungsvermittelte oder synchrone Verbindung.

Die andere Übertragungsform ist die Paketvermittlung oder asynchrone Verbindung, die ein speicherndes Verhalten des Übertragungsgerätes voraussetzt, wie bei der Internet-Technik.

Daten zwischen Bluetooth Geräten werden durch Profile ausgetauscht, die für bestimmte Anwendungsbereiche festgelegt sind. Wenn eine Bluetooth-Verbindung aufgebaut wird, tauschen die Geräte ihre Profile aus. Danach legen die Geräte damit fest, welche Dienste sie für die jeweiligen anderen Partner zur Verfügung stellen können und welche Daten oder Befehle sie dazu benötigen. Ein Headset fordert beispielsweise von einem Bluetooth kompatiblen Mobiltelefon einen Audiokanal an und steuert über zusätzliche Datenkanäle die Lautstärkeregelung.

5. Internet und der Zusammenhang zwischen Internet und Telemedizin

5.1. Einführung

Das Internet ist ein elektronischer Verbund von Rechnernetzwerken. Das Ziel des Internets ist Verbindungen zwischen einzelnen Computern herzustellen und so Daten auszutauschen. Im Prinzip kann dabei jeder Rechner weltweit mit jedem anderen Rechner verbunden werden. Der Datenaustausch zwischen den einzelnen Internet-Rechnern (Servern) erfolgt über die technisch normierten Internetprotokolle. [<http://de.wikipedia.org/wiki/Internet>]

Das Internet basiert auf der einheitlichen TCP/IP Protokollfamilie, welche die Adressierung und den Datenaustausch zwischen verschiedenen Computern und Netzwerken in Form von offenen Standards reglementiert. Ein großer Vorteil ist, dass die Kommunikation völlig unabhängig von den verwendeten Betriebssystemen und Netzwerktechnologien geschehen kann.

Das Internet besteht aus:

- Firmennetzwerken (Intranet), über welche die Computer einer Firma verbunden sind,
- Providernetzwerken, an die die Rechner der Kunden eines Internet-Providers angeschlossen sind und
- Universitäts- und Forschungsnetzwerken.

An Internet-Knoten werden die verschiedenen Netzwerke über leistungsstarke Verbindungen (Backbones) miteinander vernetzt. Ein solcher Internet-Knoten kann prinzipiell beliebig viele Netzwerke miteinander verbinden.

In diesem Kapitel wird zuerst die Geschichte des Internets beschrieben. Danach werden die Protokolle IP und TCP detailliert beschrieben. Die wichtigsten Dienste im Internet sind World Wide Web (www), E-mail, Dateiübertragung (ftp), Telnet, Video-Chat, SSH. Im nächsten Teil erklären wir einige der wichtigsten Internetdienste. Im letzten Teil dieses Kapitel werden die Clients/Server-Architektur des Webs, die neueste Technologien im Web und ein neues Internet-Protokoll IPv6 beschrieben.

5.2. Geschichte und Entwicklung

Das Internet ging aus dem 1969 entstandenen ARPANET hervor, einem Projekt der Advanced Research Project Agency (ARPA) des amerikanischen Verteidigungsministeriums. Es wurde zur Vernetzung von Universitäten und Forschungseinrichtungen benutzt. Zwei Ziele standen bei der Entwicklung der ersten einfachen Netzwerke:

- das einfache Teilen von Computerressourcen (wie beispielsweise CPU-Rechenzeit)
- die Kommunikation zwischen den Anwendern.

Nachdem das ARPANET 1982 TCP/IP adaptierte, begann sich auch der Name Internet durchzusetzen. Die wichtigste Applikation in den Anfängen war die E-Mail. Bereits 1971 überstieg das Gesamtvolumen des elektronischen Mailverkehrs das Datenvolumen, das über die anderen Protokolle des ARPANET, das Telnet und FTP abgewickelt wurde. Neue Techniken verändern das Internet und ziehen neue Benutzerkreise an: IP-Telefonie, Peer-to-Peer-Vernetzung, Online-Spiele usw. [<http://de.wikipedia.org/wiki/Internet>]

5.3. Internet Protocol (IP)

Internet Protocol (IP) ist ein weit verbreitetes Netzwerkprotokoll in Computernetzen. Es ist eine Implementierung der Internet-Schicht des TCP/IP-Modells bzw. der Vermittlungsschicht (Network Layer) des OSI-Modells. [http://de.wikipedia.org/wiki/Internet_Protocol]

Das Internet basiert auf der einheitlichen TCP/IP-Protokollfamilie, welche die Adressierung und den Datenaustausch zwischen verschiedenen Computern und Netzwerken in Form von offenen Standards reglementiert. Ein großer Vorteil ist, dass die Kommunikation völlig unabhängig von den verwendeten Betriebssystemen und Netzwerktechnologien geschehen kann. [http://de.wikipedia.org/wiki/Internet_Protocol]

Das Domain Name System (DNS) ist ein wichtiger Teil der Internet-Infrastruktur. Um einen bestimmten Computer ansprechen zu können, identifiziert ihn das IP-Protokoll mit einer eindeutigen IP-Adresse. Dabei handelt es sich bei der heute üblichen Version IPv4 um 4 Byte (Zahlen im Bereich von 0 bis 255), die durch einen Punkt getrennt angegeben werden, beispielsweise 128.130.35.76.

5.3.1. Das Internet Protocol (IP)

IP ist ein relativ simples Protokoll. IP funktioniert im Prinzip so: Der absendende Host bereitet ein Datenpaket vor und schickt es ins Netz. Dieses Paket enthält vor der eigentlichen Nutzinformation (z.B. einer Webseite) eine Art elektronischen Briefumschlag. Dieser Briefumschlag enthält alle wichtige Information, um das Paket vom Absender zum Empfänger senden zu können. Dieser Umschlag wird auch IP-Header genannt. [Lauer 99]

IP-Header enthält neben der Adresse der beiden Partner die Länge des Pakets und eine Prüfsumme. Diese Prüfsumme dient dazu, die Korrektheit des übertragenen Headers prüfen zu können. Der Absender berechnet aus dem Inhalt des IP-Headers über ein festgelegtes Verfahren einen numerischen Wert, die Prüfsumme. Der Empfänger tut nach dem Empfang das gleiche Method und prüft, ob die Prüfsummen miteinander übereinstimmen. Falls ja, wird die Übertragung als erfolgreich angesehen. Falls nein, hat sich der Inhalt des Headers verändert (z.B. durch eine fehlerhafte Leitung), das Paket wird verworfen.

Falls größere Informationsmengen zu versenden sind, werden diese Informationsmengen von der IP-Schicht in separate Pakete aufgeteilt. Diese Pakete werden unabhängig voneinander durch die Netze zum Empfänger erreicht. Tabelle 5.1 zeigt den prinzipiellen Aufbau eines IP-Pakets.

Version	Länge des IP-Headers	Dienstkennung	Gesamtlänge des IP-Pakets
Kennung für zerlegte Pakete		Folgenummer des zerlegten Pakets	
Time-to-live (TTL)	Protokollkennung	Prüfsumme (nur des IP-Headers)	
IP-Adresse des absendenden Rechners			
IP-Adresse des empfangenden Rechners			
Diverse Optionen sowie Füllbits			
Nutzdaten in beliebigem Format			

Tabelle 5.1: Der Aufbau eines IP-Pakets

5.3.2. Die IP-Adressierung

Jeder einzelne Host im Internet erhält eine eindeutige Zahl als Adresse. Um eine Kommunikation zwischen zwei technischen Geräten aufzubauen, muss jedes der Geräte in der Lage sein, dem anderen Gerät Daten zu senden. Damit diese Daten bei der richtigen Gegenstelle ankommen, muss die Gegenstelle eindeutig benannt (adressiert) werden. Dies geschieht in IP-Netzen mit einer IP-Adresse. [Lauer 99] Eine IP-Adresse kann so aussehen: 128.130.35.76.

IP-Adressen (Internet Protocol Adressen) werden in jedem IP-Paket in die Quell- und Zieladressfelder eingetragen. Jedes IP-Paket enthält damit sowohl die Adresse des Senders als auch die Adresse des Empfängers.

IP-Adressen wurden in fünf Gruppen aufgeteilt (Klasse A, ..., Klasse E). Eine IP-Adresse wird nämlich einer von fünf Gruppen zugeordnet. Tabelle 5.2 zeigt die Übersicht der Netzklassen.

Netzklasse	Erste Bits	Adressbereich	Hosts pro Netz
Klasse A	0...	0.0.0.0 - 127.255.255.255	16.777.214
Klasse B	10...	128.0.0.0 - 191.255.255.255	65.534
Klasse C	110...	192.0.0.0 - 223.255.255.255	254
Klasse D	1110...	224.0.0.0 - 239.255.255.255	
Klasse E	1111...	240.0.0.0 - 255.255.255.255	

Tabelle 5.2: Übersicht der Netzklassen

5.3.3. Das Domain Name System (DNS)

Das Domain Name System (DNS) ist einer der wichtigsten Dienste im Internet. Seine Hauptaufgabe ist die Umsetzung von Internetadressen in die zugehörige IP-Adresse. Das DNS ist eine hierarchische Datenbank, die den Namensraum des Internets verwaltet. Dieser Namensraum ist in Zonen unterteilt, für die jeweils unabhängige Administratoren zuständig sind. Das DNS bietet eine Vereinfachung, weil Menschen sich Namen besser als Zahlenkolonnen merken können. Z.B. kann man sich den Domainnamen tuwien.ac.at in der Regel leichter merken als die dazugehörige IP-Adresse 128.130.35.76.

5.4. Transmission Control Protocol (TCP)

Das Transmission Control Protocol (TCP) ist ein Protokoll darüber, auf welche Art und Weise Daten zwischen Computern ausgetauscht werden sollen. Alle Betriebssysteme moderner Computer beherrschen TCP und nutzen es für den Datenaustausch mit anderen Rechnern. Das Protokoll ist ein zuverlässiges, verbindungsorientiertes Transportprotokoll in Computernetzwerken. Es ist Teil der Internetprotokollfamilie, der Grundlage des Internets.

TCP stellt einen virtuellen Kanal zwischen zwei Endpunkten einer Netzwerkverbindung (Sockets) her. Auf diesem Kanal können in beide Richtungen Daten übertragen werden.

Aufgrund seiner vielen angenehmen Eigenschaften (Datenverluste werden erkannt und automatisch behoben, Datenübertragung ist in beiden Richtungen möglich, Netzwerküberlastung wird verhindert usw.) ist TCP ein sehr weit verbreitetes Protokoll zur Datenübertragung.

Jede TCP-Verbindung wird eindeutig durch zwei Endpunkte identifiziert. Ein Endpunkt stellt ein geordnetes Paar dar, bestehend aus IP-Adresse und Port. Ein solches Paar bildet eine bi-direktionale Software-Schnittstelle und wird auch als Socket bezeichnet. Mit Hilfe der IP-Adressen werden die an der Verbindung beteiligten Rechner identifiziert. Mit Hilfe der Ports werden dann auf den beiden beteiligten Rechnern die beiden miteinander kommunizierenden Programme identifiziert. Ports sind 16-Bit-Zahlen (Portnummern) und reichen von 0 bis 65535. Ports von 0 bis 1023 sind reserviert. Z. B. ist Port 80 für das im WWW verwendete HTTP-Protokoll reserviert.

5.4.1. Der grundlegende Aufbau von TCP

TCP benutzt IP-Pakete zum Datentransport. Diese Pakete bestehen aus zwei Teilen: Nutzdaten und IP-Header. TCP teilt diese Nutzdaten in einen TCP-Header und Nutzdaten auf. Dieser Header ähnelt dem IP-Header (siehe Tabelle 5.1). Die TCP-Schicht nimmt die Daten, versieht sie mit einem TCP-Header. Die TCP-Schicht gibt das Paket als Nutzdaten an die IP-Schicht weiter. Die IP-Schicht hängt einen IP-Header an und schickt das Paket ins Netz. [Lauer 99]

Wichtig ist, dass TCP alle Voraussetzungen schafft, damit die zwei Partner einer Net-Kommunikation eine stabile und sichere Verbindung aufbauen können. Ein wichtiger Bestandteil des TCPs ist ein handshake-Verfahren. Das Verfahren wird

zum sicheren Verbindungsaufbau, Verbindungsabbau und beim Datenaustausch genutzt.

5.4.2. TCP Portnummer

Eine TCP-Verbindung wird im Prinzip durch die numerischen IP-Adressen der beiden Partner vollständig festgelegt. Die beiden betroffenen Computer können zwei oder mehr unabhängige Verbindungen parallel aufbauen. Dafür muss es also neben den beiden IP-Adressen ein weiteres Merkmal im TCP-Header geben um die Verbindung eindeutig beschreiben zu können. Dieses Merkmal ist der sogenannte Port. Zwei Computer können nur dann mehrere TCP/IP Verbindungen parallel durchführen, wenn sich deren Portnummern unterscheiden. Ports sind keine physischen Anschlüsse, sondern 16 Bit-Nummern (Werte zwischen 0 und 65.535). [Lauer 99]

5.4.3. Sockets

Ein Socket ist die Kombination einer IP-Adresse mit einer Portnummer. Bei einem Socket handelt es sich um ein Ende einer Kommunikationsschnittstelle zwischen zwei Programmen, welche Daten über ein Netzwerk austauschen. Eine Applikation fordert einen Socket vom Betriebssystem an. Die Applikation kann über diesen Socket anschließend Daten verschicken und empfangen. Das Betriebssystem hat die Aufgabe, alle benutzten Sockets sowie die zugehörigen Verbindungsinformationen zu verwalten. [Lauer 99], [<http://de.wikipedia.org/wiki/Socket>]

Es gibt 2 verschiedene Socketypen: Stream Sockets und Datagram Sockets. Der wesentliche Unterschied zwischen diesen beiden Typen besteht darin, dass Stream Sockets über einen kontinuierlichen Zeichen-Datenstrom kommunizieren, wohingegen Datagram Sockets auf dem Senden von einzelnen Nachrichten basieren.

5.5. Die Internet-Dienste

TCP und IP Protokolle wurde gerade erklärt. Auf der TCP/IP Kombination bauen viele weitere Protokolle auf. Man nennt diese Protokolle als Internet-Dienste. Hier werden nur einige der wichtigen Protokolle bzw. Dienste beschrieben. Die meisten Dienste basieren auf einer Client/Server Beziehung. Diese funktioniert wie folgt: Ein Computer dient als lokale Arbeitsstation und ist per Internet mit einer größeren Maschine verbunden. Der kleine Computer ist der Client. Der größere Computer ist der Server. Der Client anfordert vom Server Informationen, Dateien, Dienstleistungen usw. und erhält vom Server die gewünschte Leistung. Es gibt

viele Programme für alle Internet-Dienste. Z.B. E-Mail Clients für E-Mail-Dienste (SMTP, POP), Webbrowser für WWW usw.

5.5.1. Telnet

Telnet ist ein weit verbreitetes Netzwerkprotokoll im Internet. Telnet wird dazu verwendet, Benutzern den Zugang zu Internetrechnern über die Kommandozeile zu bieten.

Mit Hilfe des Internet-Dienstes Telnet können Computersysteme über das Internet fernbedient werden. Die Telnet-Anwendungen sind in textbasierende Anwendungen und graphische Anwendungen aufgeteilt. Die graphischen Anwendungen brauchen natürlich höheren Übertragungsbandbreiten. [Kyas 01]

Bei der Fernsteuerung mit Hilfe eines Telnetprogramms muss zuerst die Verbindung zum Zielrechner aufgebaut werden. Eine erfolgreiche Anmeldung gilt nur mittels gültigen Benutzernamen und Passwort. Daraufhin überträgt Telnet jede Eingabe auf der lokalen Tastatur zum Remote-Host und leitet jede Bildschirmausgabe des Zielrechners auf das lokale System um. Telnet kann für den Datenbankzugriff, die Dateiübertragungen, Lesen von E-Mails, Konfiguration von Servern usw. benutzen.

Die gesamte Kommunikation innerhalb einer Telnet-Session geschieht im Klartext. Aber es gibt auch eine verschlüsselte Variante von Telnet, als SSH genannt.

5.5.2. Private Nachrichten: E-Mail

Elektronische Post (E-mail) ist der wohl bekannteste Dienst im Internet. Nachrichten werden in elektronischer Form versendet werden. Jeder Teilnehmer im Internet besitzt eine spezielle Email-Adresse. Neben Nachrichten können via E-mail auch Bild-, Sprach- oder Programmdateien versendet werden. Es ist möglich, elektronische Nachrichten an einer bestimmten Person oder an einer Gruppe zu senden. E-mails können verändert, gespeichert oder zur Geheimhaltung verschlüsselt werden. Der Transport von Emails ist schneller und kostengünstiger als der Transport von herkömmlichen Briefsendungen. [Kyas 01]

Eine wichtige Spezialanwendung von elektronischer Post im Internet sind Mailing-Listen. Mit ihrer Hilfe können weltweite Diskussionsforen und Interessengruppen gebildet werden. Eine Mailing-Liste ist eine Sammlung der Internet-Adressen all jener Personen, die sich für ein bestimmtes Thema interessiert. Ein Teilnehmer versendet einen Beitrag als elektronische Nachricht an die Zieladresse der Mailing-

Liste. Der Server der Mailing-Liste versendet diese Nachricht an alle Teilnehmer, die Mitgliedern der betreffenden Mailing-Liste sind.

5.5.3. File Transfer Protocol: ftp

Zur Übertragung von Dateien im Internet wird ein spezielles Transportprotokoll, das File Transfer Protocol (ftp), benutzt. Damit können Dateien beliebigen Formats (Text-, Bild-, Sprach-, Video-, Programmdateien usw.) und beliebiger Größe zwischen zwei Computern übertragen werden. Der komplette Vorgang kann vom FTP-Client gesteuert werden. Voraussetzung ist die Zugangsberechtigung für das Zielsystem. Das Zielsystem kontrolliert während des Verbindungsaufbaus den Benutzername und das Passwort, ob sie gültig sind. FTP-Server wie Telnet verfügen über eine eigene, permanente Internet-Adresse. Um als FTP-Client fungieren zu können, ist neben einem Internet-Zugang eine FTP-Clientsoftware notwendig. [Kyas 01]

5.5.4. Öffentliche Nachrichten: Die Newsgroups

Ein wichtiger Bestandteil des Informationsflusses im Internet ist Diskussionsgruppen (newsgroup). In den Diskussionsgruppen können Ansichten und Meinungen ausgetauscht werden. Im Unterschied zu Mailing-Listen ist eine Anmeldung für das Lesen von Diskussionsgruppen-Artikeln nicht nötig. Die Beiträge der Diskussionsgruppen werden nicht über E-mail versendet, sondern sind auf News-Servern abgelegt. Mit speziellen News-Programmen oder mit www-Browsern kann man jederzeit auf diese News-Server zugreifen und Artikel der verschiedenen News-Gruppen lesen bzw. auch Beiträge schreiben und senden. Es gibt mehr als 80.000 Diskussionsgruppen im Internet. Diese Diskussionsgruppen sind in 8 Hauptgruppen und Hunderte von Nebengruppen strukturiert. Tabelle 5.3 zeigt die 8 Hauptgruppen. [Kyas 01]

Hauptgruppen	Themen
Comp	Computerthemen
Misc	Verschiedenes
News	Der Internet-News-Dienst selbst
Rec	Hobbies, Freizeit, Kunst
Sci	Wissenschaft
Soc	Soziales
Talk	Diskussionen über verschiedene Themen
Humanities	Humanitäre Themen

Tabelle 5.3: Die Hauptgruppen des News-Dienst

5.5.5. World Wide Web (WWW)

Das World Wide Web (kurz Web oder WWW) ist ein über das Internet abrufbares Hypertext-System. Die Architektur des WWW basiert auf drei Standarten:

- HTML (Hyper Text Markup Language)
- HTTP (Hyper Text Transport Protocol)
- URL (Uniform Resource Locator)

HTML spezifiziert das Format und den Aufbau der Hypertextdokumente (HTML-Dokumente). URL ist ein Adressierungsschema, mit dem der Ort jeder Datei im Internet angegeben werden kann. HTTP ist das Kommunikationsprotokoll, das zur Übertragung der HTML-Hypertextdokumenten dient. Die Arbeitsweise des WWW beruht auf dem Client-Server Prinzip. Als Serversysteme fungieren leistungsfähige Computersysteme, die HTML-Dokumente enthalten. WWW-Clients können auf diese Dokumente zugreifen. Als Clients fungieren sogenannte Web-Browser. Ein Webbrowser wird benutzt um die Daten vom Webserver zu holen und z. B. auf dem Bildschirm anzuzeigen. [Kyas 01]

5.5.6. Internet Relay Chat (IRC)

Internet Relay Chat, kurz IRC, ist das Online-Kommunikationsforum im Internet. Internetteilnehmer aus aller Welt können miteinander in Echtzeit kommunizieren. Es gibt Hunderte von unterschiedlichen Diskussions- und Gesprächskanäle. Neue Kanäle können jederzeit von jedem Teilnehmer frei eröffnet werden, ebenso kann man gleichzeitig an mehreren Kanälen teilnehmen. Zur Teilnahme wird ein spezielles Chat-Programm, der IRC-Client, oder einen WWW-Browser verwendet. [Kyas 01], [http://de.wikipedia.org/wiki/Internet_Relay_Chat]

Zur Vermittlung der Gespräche besteht ein IRC-Netz aus mehreren vernetzten IRC-Servern, die weltweit verteilt sein können. Die Belastung wird auf viele Rechner verteilt. Die Kommunikation der IRC-Teilnehmer ist in sogenannten IRC-Kanälen organisiert. Jeder Kanal wird von einem Operator administriert, der die Grundfunktionen des IRC-Protokolls überwacht. Die missbräuchliche Nutzung des Kanals wird durch Robot-Programme verhindert.

5.6. Das Client/Server-Paradigma

Anwendungsprogramme, die über ein Netzwerk oder ein Internet kommunizieren, nutzen ausnahmslos eine bestimmte Form der Interaktion, die man Client/Server-

Paradigma nennt. Die Begriffe Client und Server beziehen sich auf die zwei Anwendungen, die in einer Kommunikation beteiligt sind. Die aktive Anwendung ist ein Client. Die passive Anwendung ist ein Server. [Comer 00]

Ein Clientprogramm wird meist von einem Benutzer aktiviert und läuft häufig auf einem privaten Computer. Serverprogramme laufen normalerweise auf großen Computer der Serverklasse unter perfekten Betriebssystemen. Viele Computer der Serverklasse sind ausreichend leistungsstark, so dass Server für mehrere Dienste gleichzeitig ausgeführt werden können.

Der Parallelbetrieb ist das grundlegende Merkmal der Client/Server-Interaktion. Die meisten Server unterstützen diesen Betrieb, indem sie für jede Anfrage einen eigenen Prozess erzeugen. Das bedeutet, dass kein Client warten muss, bis der Server frei ist.

5.7. Die neueste Technologien im Web

5.7.1. XML

Die Extensible Markup Language, abgekürzt XML, ist eine Auszeichnungssprache zur Darstellung hierarchisch strukturierter Daten in Form von Textdateien. XML wird bevorzugt für den Austausch von Daten zwischen unterschiedlichen IT-Systemen eingesetzt, speziell über das Internet. Die vom World Wide Web Consortium (W3C) herausgegebene XML-Spezifikation definiert eine Metasprache, auf deren Basis durch strukturelle und inhaltliche Einschränkungen anwendungsspezifische Sprachen definiert werden. Diese Einschränkungen werden durch Schemasprachen wie DTD oder XML-Schema ausgedrückt. [<http://de.wikipedia.org/wiki/XML>]

Die Namen der Strukturelemente (XML-Elemente) für eine XML-Anwendung lassen sich frei wählen. Ein XML-Element kann ganz unterschiedliche Daten enthalten und beschreiben: meistens Text, aber auch Grafiken.

Programme oder Programmteile, die XML-Daten auslesen, interpretieren und ggf. auf Gültigkeit prüfen, nennt man XML-Parser.

Ein XML-Dokument kann mittels geeigneter Transformationssprachen wie XSLT in ein anderes Dokument transformiert werden. Oftmals dient die Transformation zur Überführung eines Dokuments aus einer XML-Sprache in eine andere XML-Sprache. Beispielsweise zur Transformation nach XHTML, um das Dokument in einem Webbrowser anzuzeigen.

5.7.2. Webservices

Unter einem Web Service versteht man eine eigenständige, selbstbeschreibende und modulare Software Applikation, die im Internet veröffentlicht, lokalisiert und aufgerufen werden kann. Die Funktionalität eines Web Service kann von einfachen Anwendungen bis hin zu komplexen Business Prozessen reichen. Die Beschreibung des Web Services und seine Kommunikation erfolgt mit Hilfe von XML-Vokabularen. Client-Programme senden im Allgemeinen Anfragen an einen Web Service und dieser antwortet mit der gewünschten Information. [http://de.wikipedia.org/wiki/Web_Service]

Die Web Service Description Language (WSDL) ist ein XML-Vokabular, mit dem man Web Services, ihren Ort und ihre Methoden beschreiben kann. Die Beschreibung des Web Services ist unabhängig von der Implementierungssprache der Applikation. Sie beschreibt das Interface des Services und die Bindung dieses Interfaces an ein konkretes Protokoll. Somit kann ein Nutzer den Web Service aufrufen, ohne Implementierungsdetails wissen zu müssen.

Die Grundlage hierbei bilden drei Standards, die jeweils auf XML basieren:

- UDDI als Verzeichnisdienst zur Registrierung von Web Services. Es ermöglicht das dynamische Finden des Web Services durch den Konsumenten.
- WSDL zur Beschreibung der unterstützten Methoden und deren Parametern für den Programmierer.
- SOAP zur Kommunikation. Hier wird der eigentliche Aufruf gestartet.

Web Services bilden die drei wichtigsten Teile der Zusammenarbeit zwischen Client und Server ab: Das Zusammenfinden, Binden und den Datenaustausch.

5.7.3. Remote Procedure Call (RPC)

Der Remote Procedure Call (RPC) ist ein Protokoll, das die Implementierung verteilter Anwendungen - also Netzwerkdienste - vereinfachen soll. Die dahinter steckende Idee ist, dass ein Programm eine Funktion eines Programms, das auf einem anderen Rechner läuft, nutzen kann, ohne sich um die zu Grunde liegenden Netzwerkdetails kümmern zu müssen. Der RPC arbeitet nach dem Client-Server-Modell. (siehe Abschnitt 5.6)

Ein RPC-Aufruf arbeitet in den meisten Fällen synchron. Das lokale Programm, der Client, sendet eine Anforderung an das entfernte Programm, den Server. Der Client unterbricht seine Arbeit bis zum Eintreffen der Antwort. Der Server überwacht im

einfachsten Fall den ihm zugedachten Port und beginnt, sobald er eine Anforderung eines Clients erkennt, mit der Bearbeitung des Auftrags. Dazu entpackt er die Daten des Pakets, ruft die behandelnde Routine auf, verpackt das Ergebnis und sendet die Antwort an den Client. Anschließend wartet der Server auf neue Aufträge. In Verbindung mit Threads ist allerdings eine asynchrone Realisierung eines entfernten Funktionsaufrufs möglich.

5.7.4. Remote Method Invocation (RMI)

Remote Method Invocation (RMI), gelegentlich auch als Methodenfernaufruf bezeichnet, ist der Aufruf einer Methode eines entfernten Java-Objekts. Entfernt bedeutet dabei, dass sich das Objekt in einer anderen Virtuellen Maschine befinden kann, die ihrerseits auf einem entfernten Rechner oder auf dem lokalen Rechner laufen kann. Dabei sieht der Aufruf für das aufrufende Objekt genauso aus wie ein lokaler Aufruf. [http://de.wikipedia.org/wiki/Remote_Method_Invocation]

RMI bezeichnet ein Kommunikationsprotokoll, das für entfernte Aufrufe zwischen Java-Objekten verwendet wird, und eine Java-Standard-Klassenbibliothek, mit der diese Aufrufe realisiert werden können.

Der Ablauf von RMI ist so:

- Der Server registriert ein Remote Object bei der RMI-Registry unter einem eindeutigen Namen.
- Der Client schaut bei der RMI-Registry unter diesem Namen nach und bekommt eine Objektreferenz, die seinem Remote Interface entsprechen muss.
- Der Client ruft eine Methode aus der Objektreferenz auf.
- Der Server gibt dem Client die Rückgabewerte dieses Aufrufes, oder der Client bekommt eine Fehlermeldung (z. B. bei einem Verbindungsabbruch).

5.7.5. Semantic Web

Das semantische Web (engl. Semantic Web) ist eine Erweiterung des World Wide Web (WWW) um maschinenlesbare Daten, die die Semantik der Inhalte formal festlegen.

Im Semantic Web werden die Daten selbst Teil des Webs, sodass sie unabhängig von Applikationen, Plattformen oder Domains verarbeitet werden können. Im Gegensatz dazu enthält das World Wide Web, wie wir es heute kennen, eine Unzahl von Informationen in Form von Dokumenten. Wir können diese Dokumente mit Hilfe von Computern durchsuchen. Um nützliche Informationen daraus zu extrahieren,

müssen diese Dokumente von Menschen gelesen und interpretiert werden. Computer können Ihnen zwar Informationen bereitstellen, verstehen die Informationen aber nicht gut genug, um die jeweils relevantesten Daten anzuzeigen. Beim Semantic Web wiederum stehen im Web sowohl Daten als auch Dokumente zur Verfügung. Diese Daten können von Maschinen gelesen, verarbeitet, transformiert und auf sinnvolle Art zusammengestellt werden. Maschinen können auf diesen Daten sogar operieren. [http://de.wikipedia.org/wiki/Semantic_Web]

Ob wann die Vision des Semantic Webs Wirklichkeit wird, kann heute niemand mit Bestimmtheit sagen. Weil wir ein wachsendes Problem mit der Informationsflut aufgrund der technischen Möglichkeiten haben. Die Ansätze des Semantic Webs zeigen eine Möglichkeit auf, einige der Probleme zu lösen.

5.8. Zukunftsentwicklungen und IPv6

Bis hier wurde die derzeitige Version des Internet-Protokolls (IPv4) beschrieben. Jetzt konzentrieren wir uns auf die Zukunft von IP.

Der Erfolg der derzeitigen IP-Version ist unglaublich. Das Protokoll hat neue Hardwaretechnologien, heterogene Netze und enorme Zuwächse überlebt. Aber das Protokoll ändert trotzdem. Der vorrangige Grund für eine Änderung ist auf den begrenzten Adressraum zurückzuführen. Als das IP definiert wurde, gab es nur wenige Rechnernetze. Die Designer entschieden sich für eine 32 Bit lange IP-Adresse, weil dies einen unendlichen Umfang des Internet von über einer Million Netze erlaubte. Mit der heutigen Wachstumsrate sind die verfügbaren Netzpräfixe bald erschöpft. Weiteres Wachstum mit IPv4 ist nicht mehr möglich. Der wichtigste Grund für eine Änderung des Protokolls ist also die Adresskrise. Der zweite Grund für eine Änderung ist durch neue Internet-Anwendungen entstanden. Inzwischen gibt es Anwendungen, z.B. für Audio- und Videobearbeitung und -wiedergabe, die eine Datenübertragung in gleichmäßigen Intervallen voraussetzen. Damit solche Daten ruckelfrei durch das Internet fließen können, muss IP das häufige Wechseln von Routen vermeiden. Deshalb muss eine neue IP-Version Mechanismen für entsprechende Adressierung und Routing bieten. Die neue IP-Version heißt IPv6.

Viele der besonders erfolgreichen Merkmale von IPv4 bleiben in IPv6. Die neuen Merkmale von IPv6 lassen sich in fünf Hauptkategorien gliedern:

Adressgröße: Für die Adresse stehen statt bisher 32 nun 128 Bit zur Verfügung.

Header-Format: Der neue Datagramm-Header ist völlig anders als in IPv4.

Mehrere Header: Im Gegensatz zu IPv4 gibt es ab IPv6 nicht mehr nur einen, sondern mehrere Header. Das heißt, dass ein Datagramm den Basis-Header und einen oder mehrere Zusatz-Header hat, dann folgen die Nutzdaten.

Video- und Audiounterstützung: IPv6 unterstützt einen Mechanismus für Echtzeitübertragung, die für die Audio und Video unabdingbar ist. Dieser Mechanismus kann außerdem zur Umleitung bestimmter Datagramme auf kostengünstigen Pfaden benutzt werden.

Erweiterbares Protokoll: Anders als IPv4 definiert IPv6 nicht alle potentiell nutzbare Merkmale des Protokolls. Die Entwickler haben vielmehr ein Schema vorgesehen, das dem Sender die Möglichkeit bietet, zusätzliche Informationen in ein Datagramm einzubinden. Dadurch ist das neue Protokoll viel flexibler für künftige Verbesserungen.

5.9. Die Beziehung zwischen Internet und Medizin

Die Möglichkeiten der elektronischen Datenverarbeitung und -übermittlung wachsen monatlich. Immer größere Mengen an Information werden von einem Kontinent zum anderen Kontinent, von einem Staat zum anderen Staat gesandt. Besonders auf dem Gebiet der medizinischen Information stellt die Wachstumskurve eine exponentielle dar. Es gibt viele medizinische Datensysteme im Internet. Das bekannte Datensystem davon ist Medline (Medical Literature Analysis and Retrieval System Online). Medline ist eine öffentlich zugängliche bibliografische Datenbank des US-amerikanischen „National Center for Biotechnology Information (NCBI)“. Medline hat über 16 Millionen Referenzen zu medizinischen Publikationen und wächst jährlich um 300.000 Einträge. Die Datensysteme wie Medline besorgen die Kommunikation zwischen Patient-Arzt oder Arzt-Arzt. Diese Datensysteme beschleunigen den Prozess für den Patienten und Ärzte und ersparen viele Zeit. [Auerbach 97]

Das Internet bringt den Vorteil mit sich, dass dank der prinzipiellen Anonymität des Mediums soziale Grenzen aufgehoben und alle Benutzer gleichgestellt werden. Alter, Herkunft, Geschlecht und Hautfarbe spielen beim ersten Zusammentreffen der Benutzer keine Rolle.

Webseiten bieten Patienten, Ärzten, sonstiges Professionals oder Interessierten Unterstützung, Informationen und Beratung. Eine soziale, spezialärztliche oder themenspezifische Unterstützung wird ermöglicht. Interessierte können sich über

mögliche Behandlungsmethoden informieren. Sie können sich Informationen mit anderen betroffenen Personen austauschen und Diskussionsforen bilden, um auf diese Weise Unterstützung in der Krankheitsbewältigung zu finden.

Medizinische Daten sowie Röntgenbilder können mittels Email gesendet werden. Der Empfänger benötigt neben der Email-Software lediglich ein Bildbetrachtungsprogramm. Bei den modernen Betriebssystemen genügt zum Ansehen des Bildes ein Mausklick auf den Dateianhang, der in der Email ist. Alternativ kann die Datei normal gespeichert werden und dann mit einem Bildbetrachtungsprogramm angezeigt werden.

Literatursuche und Publikationen über Telemedizin und E-Health sind auch wichtig. Personen des medizinischen Bereichs können sich über das Internet weiterbilden und nach Neuerscheinungen suchen. Mittels Suchmasken sind die gesuchten Beiträge in verhältnismäßig kurzer Zeit auffindbar, ohne dazu den Arbeitsplatz verlassen zu müssen. Ärzte können die eingesparte Zeit für die Beratung und die Behandlung der Patienten einsetzen. Die recherchierenden Personen laufen Gefahr von der Informationsflut überschwemmt zu werden. Diese Personen müssen die Daten nach Kriterien selektieren oder mittels spezialisierten Suchmaschinen eine grobe Filterung vornehmen lassen.

6. E-Health, Telemedizin und Anwendungsgebiete der Telemedizin

6.1. E-Health (Electronic Health)

In allen Bereichen des Lebens wird eine Informationsgesellschaft angestrebt, davon ist auch das Gesundheitswesen betroffen. Mittels moderner Information- und Kommunikationstechnologie ist E-Health, das ein neuer Bereich im Gesundheitswesen ist, entstanden. Ziel von E-Health ist es, die Prozessabläufe bei der Patientenversorgung zu optimieren, die Qualität und Sicherheit zu erhöhen, medizinische Informationen besser zu erschließen, die Kosten zu senken, Basismaterial für die Forschung zu gewinnen. Dazu müssen Telematikplattformen eingerichtet und die vorhandenen Ressourcen zusammengelegt werden. Eine Telematikplattform für das Gesundheitswesen muss einen einfachen, wirtschaftlichen, sicheren und effizienten Informationsaustausch ermöglichen und sich an den Interessen der Patienten orientieren. Die übermittelten Informationen sollen ständig verfügbar, korrekt, gesichert, vertraulich und beweisbar sein. Die Gesundheit hat einen sehr hohen Stellenwert und das Gesundheitswesen betrifft jede Person. Deswegen ist das Interesse an der Entwicklung des Gesundheitswesens überdurchschnittlich hoch sowohl von Seiten der Patienten als auch der Ärzte. Diese Entwicklung wird durch die modernen Kommunikations- und Informationsmöglichkeiten unterstützt. [Berger 04]

E-Health umfasst alle neuen Prozesse, die aus der Anwendung der Webtechnologien im Gesundheitswesen entstehen. Digitalisierte Daten werden angelegt, übermittelt, überwacht, elektronisch abgefragt und ausgewertet. E-Health dient sowohl der Optimierung von Informationsübertragungen zwischen den verschiedenen Beteiligten als auch der vermehrten Interaktionen.

E-Health hat sich vor allem in großflächigen Ländern mit dem Anspruch auf eine genügende ärztliche Versorgung stark entwickelt und durchgesetzt. Wichtige länderspezifische kulturelle, politische, rechtliche und soziale Unterschiede bestehen zwischen den verschiedenen Ländern, welche E-Health Projekte vorantreiben. Deswegen können E-Health bezogene Lösungen nicht unverändert übernommen werden. Aufgrund der grenzüberschreitenden Wirkungen von E-Health bedarf es vereinheitlichender internationaler Regelungen, welche durch regionale Ergänzungen den lokalen Gegebenheiten angepasst werden.

E-Health kann das Gesundheitswesen positiv beeinflussen. Aber die neue Kommunikationstechnik bringt auch zahlreiche Gefahren. Von Anfang an sind daher

rechtliche, technische, organisatorische, ethische wirtschaftliche Maßnahmen in die Projekte hinzuzufügen und bestehende Projekte auf deren Gefahren zu überprüfen.

E-Health wird in verschiedenen Bereichen angewendet. Diese Bereiche können in 4 Hauptkategorien aufgeteilt werden:

- Information und Kommunikation
- Telemedizin
- Telemedizinische Übermittlung von Daten
- Forschung und Entwicklung

Im Bereich der Information und Kommunikation wird der Informationsaustausch zwischen Patienten, Professionals und Versicherern mit E-Health ermöglicht. Die meist offenen Portale können von jedermann angewählt und eingesehen werden. Es gibt 2 browserbasierte Informationssystemen: statische und dynamische. Bei den statischen Informationssystemen handelt es sich um Webseiten mit fest programmiertem Inhalt, der keine Interaktion zulässt. Bei den dynamischen Informationssystemen können Daten von den Benutzern in der eigenen Browserumgebung eingegeben, verändert und abgerufen werden. Webseiten bieten Patienten, Ärzten, sonstiges Professionals oder Interessierten Unterstützung, Informationen und Beratung. Eine soziale, spezialärztliche oder themenspezifische Unterstützung wird ermöglicht. Interessierte können sich über mögliche Behandlungsmethoden informieren. Sie können sich Informationen mit anderen betroffenen Personen austauschen und Diskussionsforen bilden, um auf diese Weise Unterstützung in der Krankheitsbewältigung zu finden. Die Problematik bei Webseiten besteht in der schlecht überprüfbaren Aktualität, Verständlichkeit und Qualität der publizierten Informationen.

Literatursuche und Publikationen über Telemedizin und E-Health sind auch wichtig. Personen des medizinischen Bereichs können sich über das Internet weiterbilden und nach Neuerscheinungen suchen. Mittels Suchmasken sind die gesuchten Beiträge in verhältnismäßig kurzer Zeit auffindbar, ohne dazu den Arbeitsplatz verlassen zu müssen. Ärzte können die eingesparte Zeit für die Beratung und die Behandlung der Patienten einsetzen. Die recherchierenden Personen laufen allerdings Gefahr, von der Informationsflut überschwemmt zu werden. Diese Personen müssen die Daten nach Kriterien selektieren oder mittels spezialisierter Suchmaschinen eine grobe Filterung vornehmen lassen.

Im Bereich der Übermittlung von Daten werden mittels dynamischer Webinformationssysteme Befunde, Bilder und weitere Daten via Internet oder Intranet an weiterbehandelnde Leistungserbringer gesendet. Mittels computerbasierter Patientenarchivierung müssen Ärzte die Geschichte eines

Patienten nicht neu aufnehmen und Doppeluntersuchungen durchführen, sondern können auf alle bereits erhobenen Daten von Patienten in einfacher Weise zugreifen.

In vielen Spitälern in Europa werden Daten auf elektronischem Weg weitergeleitet. Mittels dieses elektronischen Datentransfers sollen die Informationen und Nachrichten direkt zwischen Computern mit Hilfe elektronischer Kommunikationsmittel ausgetauscht werden. Das Ziel des elektronischen Datentransfers ist es, Daten nur einmal zu erfassen und den Empfängern elektronisch ohne Neuerfassung zur Weiterverarbeitung zur Verfügung zu stellen. Diese elektronische Datenverarbeitung kann potentiell zur Kostensenkung beitragen.

Die Ärzte verwenden Akten, Patientenchipkarten und computerbasierte Patientenarchivierung als Dokumentationssysteme. Der Arzt, der kein elektronisches Dokument oder eine Chipkarte verwendet, erfasst die medizinischen Angaben von Patienten in einer Akte. Als Nachfolgeform der Akte wurde die Patientenchipkarte entwickelt. Die medizinischen und administrativen Daten werden direkt auf der Chipkarte gespeichert. Die computerbasierte Patientenarchivierung ist eine strukturierte Sammlung elektronischer Formulare. Diese elektronischen Formulare können über das lokale oder weltweite Netzwerk bearbeitet, aktualisiert und ausgetauscht werden. Es handelt sich somit nicht nur um Daten des krankheitsbezogenen Geschehens sondern um ein ganzes Prozessmanagement.

Die elektronische Abrechnung und das elektronische Rezept ist ein Teil des Bereichs der Übermittlung von Daten. Beim System der elektronischen Abrechnung werden Rechnungen nicht mehr ausgedruckt, per Post verschickt, sondern direkt von einem Computer an den Empfänger zugestellt. Beim elektronischen Rezept gibt der Arzt nach der Untersuchung die Namen der Medikamente in den Computer ein. Dann verschickt er das Rezept elektronisch an die Wunschapotheke des Patienten oder er speichert die Daten auf der Chipkarte des Patienten. Durch elektronische Rezepte können Fehler, z.B. schwer leserliche Handschriften, besser vermieden werden.

Im Bereich der Forschung und Entwicklung werden die wichtigsten Krankheiten recherchiert. Als bekanntestes Forschungsbeispiel gilt die Krebsforschung. Daneben gibt es auch diverse HIV-Forschungsprogramme, bei denen AIDS-Erkrankungen erfasst werden.

Es gibt Vorteile und Nachteile von E-Health. Das erst- und meistgenannte Argument für E-Health Projekte liegt in der Kostenersparnis. Für die Kostenersparnis muss die Entwicklung und Etablierung des Systems koordiniert ablaufen; isolierte Einzellösungen sind möglichst zu vermeiden. Anfänglich wird die Investition in neue Geräte, die Umstrukturierung und Schulung kostenintensiv sein. Eine Kostenersparnis ist in der ersten Phase nicht zu erwarten. Die Telemedizin zahlt sich

daher umso eher aus, je mehr Patienten die telemedizinischen anstelle der konventionellen Dienste in Anspruch nehmen, da die Einsparungen mit jedem Benutzer größer werden. Die Aufwendungen bleiben jedoch gleich. Ein weiterer Vorteil von E-Health ist die Qualitätssteigerung. Mittels E-Health werden Mehrfachuntersuchungen vermieden. Der Einsatz der elektronischen Patientenarchivierung kann die Qualität der Patientenversorgung verbessern. Die bessere Lesbarkeit der Computerschrift verhindert Verständnisfehler und Fehlerbehandlungen. Der Nachteil ist es, dass alle Daten von Patienten bei Hardware oder Software Probleme verloren gehen können.

Durch E-Health erhält der Patient eine aktivere Rolle im medizinischen Entscheidungsprozess. Das klassische Arzt-Patienten-Verhältnis ändert sich.

6.2. Telemedizin

Telemedizin ist die Anwendung von Telekommunikationstechnik für die Verbesserung von Patientenversorgung, medizinischer Lehre und Forschung. Dies umfasst die Verwendung des Telefons zwischen Patienten und Arzt oder dem praktischen Arzt mit dem Facharzt bis hin zu Echtzeitcomputerprogrammen und Videokonferenzen bzw. Operationssteuerung aus der Ferne. Telemedizin ist die Untersuchung, Überwachung und Behandlung von Patienten und die Ausbildung von Patienten und Personal mit Hilfe von Systemen, die unabhängig vom Aufenthaltsort des Patienten den schnell Zugriff auf Ratschläge von Experten zulassen. [Günther 98], [Berger 04]

Die heutige, zunehmende Telekommunikation in der Medizin blickt bereits auf eine fast fünfzigjährige Entwicklung zurück. Der Kanadier Jutra (31) verband schon 1959 Hospitäler in Montreal über eine Entfernung von 8 Kilometer durch ein Teleradiologiesystem. Es bestand aus einem kabelgestützten TV-System zur Übertragung von Röntgenbildern. Schon zu diesem Zeitpunkt sah er in der Teleradiologie ein effizientes und ökonomisches Mittel zum Austausch von Informationen über Röntgenbilder. Im selben Jahr schuf Wittson (61) den ersten Vorläufer einer Videokonferenz. Um eine engere Anbindung der Psychiatrie an andere Disziplinen zu erreichen, wurden aus seiner psychiatrischen Klinik Patientenvorstellungen in andere Einrichtungen der Universität „University of the Nebraska College of Medicine“ übertragen. In der 60er Jahren folgten diesen beiden Projekten eine Reihe weiterer Arbeiten. Die Projekte beinhalten eine weite Spanne von klinischen Konsultationen über direkte Patientenbetreuung, Management und administrative Aufgaben bis zur Weiterbildung. Im Jahre 1978 berichtete Jelaso (29) über die erste klinisch einsetzbare Datenübertragung mittels analoger

Telefonleitungen. Die Übertragungszeit betrug 75 Sekunden pro Bild. Die erste mikrocomputergeschützte Datenübertragung in einem Format von 512x512 Pixels mit 8 Bit Bittiefe erfolgte 1981 durch Gayler und Mitarbeiter. Mit der Weiterentwicklung der eingesetzten Übertragungsverfahren kam es zu einer kontinuierlichen Verbesserung der Bildqualität. Seit 1995 kommen verstärkt ISDN-Verbindungen zum Einsatz.

Die Telemedizin ist keine völlig neue Entwicklung; bekannt ist sie beispielsweise als Distanzbehandlung oder in Form von telefonischen Auskünften. In dem klassischen Telefongespräch fragt der Patient den Arzt um Hilfe oder ruft ihn zu einem Hausbesuch. Das ist eine Form der Telemedizin. Den Effekt dieser telemedizinischen Anwendung merkt man erst in jenen Gebieten, in denen das Telefon auch heute noch fehlt. Speziell in den unterentwickelten Ländern könnte mit seinem Einsatz so manches Menschenleben verlängert oder gerettet werden. In Frankreich wird diese Methode benutzt und ist sehr bekannt. Der Patient ruft die Zentrale um die Hilfe. Jeder Arzt hat ein Auto und ein Funkgerät. Die Zentral meldet die Adresse des Patienten einem Arzt, der sehr nahe zum Patient ist. Der Arzt macht sofort die Untersuchung, dann ruft eine Ambulanz oder schreibt ein Rezept. Nicht zu vergessen, dass viele Gebiete unserer Erde auch diesen Service nicht anbieten können. Für die 6 Milliarden Einwohner unseres Globus steht eben nur etwas mehr als 2 Milliarden Telefonanschlüsse zur Verfügung.

Der elektronische Datenaustausch in der Telemedizin ist mehr als andere Branche. In der Telemedizin sind die Datenkommunikation, die Sensibilität von medizinischen Daten eines Menschen wichtig. Mit Hilfe von Datenkommunikation über Internet kann der Patient stärker eingebunden werden. Z.B. die Schwangerberatungswebseiten. Der Patient, in diesem Fall die schwangere Frau, bekommt Zugang zu ihren persönlichen Daten und kann diese laufend mit den eigenen Messungen ergänzen. Wie viele und welche Nahrung zugeführt wurde und wie viele Bewegung gemacht wurde usw.

In mehr entwickelten Ländern stehen digitale Kommunikationsnetze zur Verfügung. Hier können parallel Sprach und Dateninformationen übertragen und weiterverarbeitet werden. Telekommunikation wird immer häufiger mit anderen Techniken integriert. Zum Konsultationsgespräch eines Arztes mit seinem Kollegen in einer Spezialklinik können elektronische Patientenunterlagen wie Befunde, Bilder, Röntgenaufnahmen oder Ultraschalaufzeichnungen ausgetauscht werden. Über ein Videokonferenzsystem kann der Arzt den Patienten, auch der Patient den Arzt sehen und ein persönliches Gespräch führen. Ärzte können auch bei Operationen Kollegen über Videokonferenzsysteme beiziehen.

Mit Telemedizin können Spezialisten besser ausgelastet werden. Die Telekommunikation vergrößert ihr Einzugsgebiet. Sie müssen sich international profilieren, wodurch eine Kostenreduktion mit einer Qualitätsverbesserung geht.

Telemedizin kann auch einige Probleme mitbringen. Die Probleme der neuen telemedizinischen Entwicklungen liegen im Bereich des Datenschutzes, der Kompatibilität von Programmen und Geräten, des Ausbildungsmangel und Informationsmangels. Bei den elektronischen Datenübermittlungen und Speicherungen ist den Datensicherheitsgefahren entgegenzuwirken und die Persönlichkeitsrechte der betroffenen Personen sind zu wahren. Die Telemedizin darf sich zudem nicht nachteilig auf das Arzt-Patienten Verhältnis auswirken.

Ziel der Telemedizin:

- Medizinische Abläufe durch Management des Informationsflusses zu vereinfachen und zu beschleunigen,
- Die Qualität medizinischer Versorgung durch automatisierte und der elektronischen Datenverarbeitung zugängliche Dokumentation zu bewerten und zu überprüfen,
- Durch neuartige Verfahren die Diagnose und Therapie in der Medizin zu verbessern.

Es gibt viele Anwendungsgebiete der Telemedizin: Telechirurgie, Teledermatologie, Telediagnostik, Telekardiologie, Telekonsultation, Telemonitoring, Teleneurologie, Teleonkologie, Telepathologie, Telepsychiatrie, Teleradiologie usw. Die bekanntesten und viel benutzten Anwendungsgebiete werden in diesem Kapitel beschrieben.

6.3. Telechirurgie

Telechirurgie ist eine Zusammenfassung der Anwendungskonzepte multimedialer und interaktiver Informationstechnologie in der operativen Medizin. Der Begriff Telechirurgie beinhaltet die intraoperative Telekommunikation, Telepräsenz, Telemanipulation, Telenavigation und Telerobotik. Die intraoperative Telekommunikation beinhaltet nicht nur eine audiovisuelle Kommunikation und Konsultation, sondern auch die Übertragung 3D-rekonstruierter Datensätze verschiedener Schnittbildverfahren sowie hoch aufgelöster stereoskopischer Video-Bewegtbilder. Ziel ist eine Effizienzsteigerung chirurgischer Eingriffe zu erreichen.
[rrk-berlin]

Bei der Telechirurgie führt ein räumlich entfernter Chirurg einen Teil oder eine ganze Operation mittels über Internet gesteuerten Endoskops durch. Damit die Reaktion des Chirurgen nicht beeinträchtigt wird, ist eine kurze Bildübertragungsgeschwindigkeit wichtig. Heute gibt es bereits Übertragungen (ATM, ISDN, ADSL, VDSL), die deutlich sehr schnell sind. Technische oder sonstige Probleme können während der Operation entstehen. Deswegen müssen ein Chirurg mit dem nötigen Fachwissen und sein ganzes Team am Ort der Operation anwesend sein. Sie können die Operation zu Ende führen. Dieser anwesende Chirurg führt die chirurgischen Geräte zu Beginn des Eingriffs ein. Er befestigt sie am Roboter, den der örtlich entfernte Chirurg anschließend fernsteuern wird. Da trotzdem ein vollständiges fähiges Team, das die Operation durchführt, bereits stehen muss, liegt der Vorteil der Telechirurgie nicht in der Kostenersparnis. Es kann allenfalls eine Qualitätsverbesserung darin gesehen werden, dass der örtlich entfernte Chirurg als renommierter Spezialist zum Einsatz gelangt. Diese Methode ist vor allem dann sinnvoll, wenn hoch spezialisiertes Wissen und Können nutzbar gemacht werden sollen. [Berger 04]

Wie oben gesagt wurde, dass bei der Telechirurgie sich um die aktive Durchführung von operativen Eingriffen oder Operationsabschnitten durch einen räumlich vom Patienten getreten Operateur handelt. Die einzelnen Operationsschritte werden von ferngesteuerten Robotern, den so genannten Telemanipulatoren, ausgeführt. Der Operateur erhält als Kontrollsignal eine multisensorische Rückkopplung der relevanten Informationen. Taktile Signale und die fortlaufende Übermittlung einer Vielzahl von Messwerten sind auch neben den Audiosignalen und Videosignalen erforderlich. Die Übertragung der Videosignale muss verlustfrei erfolgen, um die punktgenaue Steuerung eines Skalpells zu gewährleisten. Weiterhin müssen Kraftimpulse und taktile Signale übertragen werden, um dem Operateur einen Eindruck von Textur, Elastizität und Festigkeit des Gewebes zu vermitteln. Die Abbildung 6.1 zeigt ein Szenario zur Durchführung der Telechirurgie.

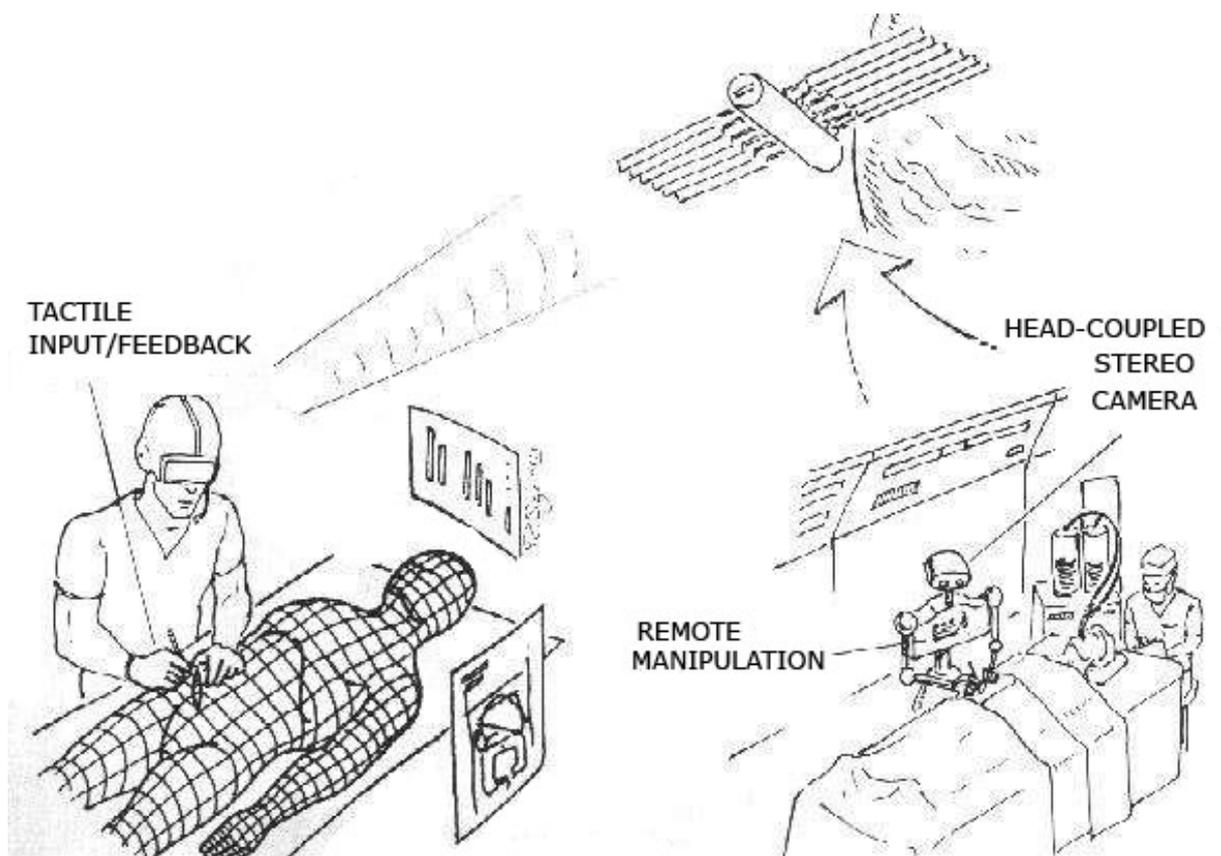


Abb. 6.1: Gedachtes Szenario zur Durchführung der Telechirurgie

Jeder Operateur ist für seine Handlungen und allenfalls durch ihn Hilfspersonen verantwortlich und haftbar. Vertraglich sind im Vorfeld einer geplanten Teleoperation die Haftungsregelungen in den Einzelnen festzulegen. Ein Krankenhaus oder der involvierte Chirurg dürfen sich nicht auf Teleoperationen einlassen, die der am Ort der Operation anwesende Chirurg nicht beherrscht oder nicht ordnungsgemäß abschließen könnte.

6.3.1. Anwendungsbeispiele der Telechirurgie

Die erste trans-Atlantische Telechirurgie (zwischen New York und Straßbourg) ist „Operation Lindbergh“. Am 7. September 2001 führten Jacques Marescaux und sein Team vom IRCAD¹ erfolgreich einen spektakulären, bahnbrechenden Eingriff durch.

Das Team bestand aus 40 Personen. Diese waren Chirurgen aus Frankreich (IRCAD, EITS²), Computer Motion³ und der französischen Telekomanbieter France Telecom.

Dabei wurde das 3-Arm-Roboter-System Zeus (siehe Kapitel 6.8.4.6) mit

¹ Institute for Research into Cancer for the Digestive System

² European Institute of Telesurgery

³ ein amerikanischer Hersteller von chirurgischen Robotersystemen

Patientenseite in Straßbourg (Abb. 6.2, Abb. 6.3) und Chirurgen-Konsole (Abb. 6.4) auf Chirurgenseite in New York verwendet.



Abb. 6.2: Die Durchführung der Telechirurgie. Die Operation war in Strasbourg.



Abb. 6.3: Der chirurgische Roboter (ZEUS) von Computer Motion



Abb. 6.4: Prof. Marescaux operiert von New York eine Patientin in Strasbourg (laparoskopische Cholezystektomie)

Die beiden Standorte sind rund 6.500 Kilometer von einander entfernt und waren durch eine terrestrische, optische Fiberglasleitung mit einer Bandbreite von 10 Mbps verbunden. Daraus ergab sich eine totale Verzögerung von „nur“ 150ms, also in Echtzeit!

Aus Sicherheitsgründen standen in Straßbourg zwei Chirurgen bereit, die im Notfall eingreifen hätten können. Der Aufbau des Robotersystems dauerte 16 Minuten, wobei die Gallenblase in 54 Minuten entfernt wurde. Es gab keine intraoperativen Komplikationen und die 68 Jahre alte Patientin konnte nach 48 Stunden die Klinik verlassen.

Nachdem ihre erste Operation erfolgreich war, glauben die Ärzte, dass die Telechirurgie die geografischen Beschränkungen für Chirurgie beseitigt sind. [optics]

Seit einigen Jahren ist in Österreich für den Chirurgen möglich, sich beim Operieren einer Art von Robotern Gebrauch zu machen. Am 16. März 2001 wurde an der 1. Chirurgischen Abteilung im LKH Graz mit dem Roboter-System „ZEUS“ eine Gallenblase entfernt (Prof. Hans Jörg Mischinger). Dies war die erste laparoskopische Cholezystektomie im deutschsprachigen Raum. [arztwww]

Telekonferenz (Videokonferenz), Telekonsultation, Teleschulung (Telelearning)

Im Jänner 2003 wurde im AKH-Wien auf der Herz-Thorax-Chirurgie (Prof. E. Wolner) ein Da Vinci Operations-Roboter für Bypass- und anderen Herzoperationen aufgestellt. Der Chirurg sitzt an der Konsole des Roboters und steuert mit Händen und Füßen die Schlüsselloch-Chirurgie-Sonden. Seine Bewegungen werden vom Roboter auf die Manipulationsarme übertragen, die in den Patienten eingebracht wurden.

6.4. Telekonferenz (Videokonferenz), Telekonsultation, Teleschulung (Telelearning)

Videokonferenzsysteme sind applikationsunabhängige Systeme, die eine kombinierte Videobild- und Sprachübertragung ermöglichen. Solche Systeme waren in der Vergangenheit besonders für Arbeitsstationen verfügbar. Ihr Einsatz ist aufgrund der Leistungsverbesserungen im Hardwarebereich auch bei den kostengünstigeren Personal Computern möglich geworden. Es gibt viele Videokonferenzsysteme im PC-Bereich. Sie bestehen aus einer digitalen Kamera, einer Videokarte sowie der Kommunikationssoftware. Sie werden zur Durchführung von Videokonferenzen via Internet eingesetzt. Während der Videokonferenz wird auf dem Bildschirm der entfernte Konferenzteilnehmer dargestellt und zugleich zumeist über ein Kopfhörer oder eine Freisprechanlage eine Sprachverbindung realisiert. [Handels 99]

Das 21. Jahrhundert bietet die leuchtende Vision einer besseren Gesundheit für alle Menschen. Es stellt nicht nur ein längeres Leben mit weniger gesundheitlichen Einschränkungen und Krankheiten in Aussicht, sondern auch eine höhere Lebensqualität. Mit der enormen technischen Entwicklung geht der gesellschaftliche Wandel einher. Multimediale Informationsprodukte ermöglichen die Integration von Text, Grafik, Bild, Animation, Ton und Video. Die großen Fortschritte der Informationstechnologie einerseits und die Standardisierung, Massenverbreitung der modernen Kommunikationsmittel wie Telefon, Telefax, Internet, Videokonferenz andererseits haben Gesellschaften auf der ganzen Welt stark verändert. Durch Internet und Multimedia ändert sich die Art, wie wir leben, lernen und arbeiten. Mit der fortschreitenden Vernetzung und dem Ausbau der Datenautobahnen werden räumliche und zeitliche Grenzen aufgehoben. [Handels 99]

Die modernen Informations- und Kommunikationstechnologien (Internet, ADSL, Breitbandnetze, Satellitenfernsehen) bewirken einen grundsätzlichen Strukturwandel in der wissenschaftlichen und technischen Informationsinfrastruktur. Diese ermöglicht neue Lerntechnologien. Sie verändert schon heute bestehende Lernkulturen durch Online-Lehrangebote. Von der wirtschaftlichen und technischen Globalisierung sind Bildungseinrichtungen ganz besonders stark betroffen. Ein

Telekonferenz (Videokonferenz), Telekonsultation, Teleschulung (Telelearning)

Ergebnis der aktuellen Entwicklung werden globale Bildungsmärkte sein, auf denen vor allem jene Anbieter erfolgreich sind. Die spezialisierten Qualifizierungsangebote können möglichst schnell, kostengünstig und effizient bereitstellen.

Mittels Telekonferenzen können Professionals ortunabhängig miteinander kommunizieren und Problemfälle oder Neuerungen diskutieren, ohne sich dabei an einen bestimmten, allenfalls weit entfernt liegenden Ort begeben zu müssen. Durch den ermöglichten Wissensfortschritt der Leistungserbringer profitieren die Patienten von qualitativ besseren Behandlungen und Diagnosen. Zum Schutz der Persönlichkeitsrechte der betroffenen Personen sind die Diskussionen grundsätzlich mit anonymisierten Daten zu führen. Abbildung 6.5 zeigt eine Videokonferenz. In dieser können die Konferenzteilnehmer mittels Telekonferenz ihre Ideen über ein Thema z.B. Diagnose austauschen.

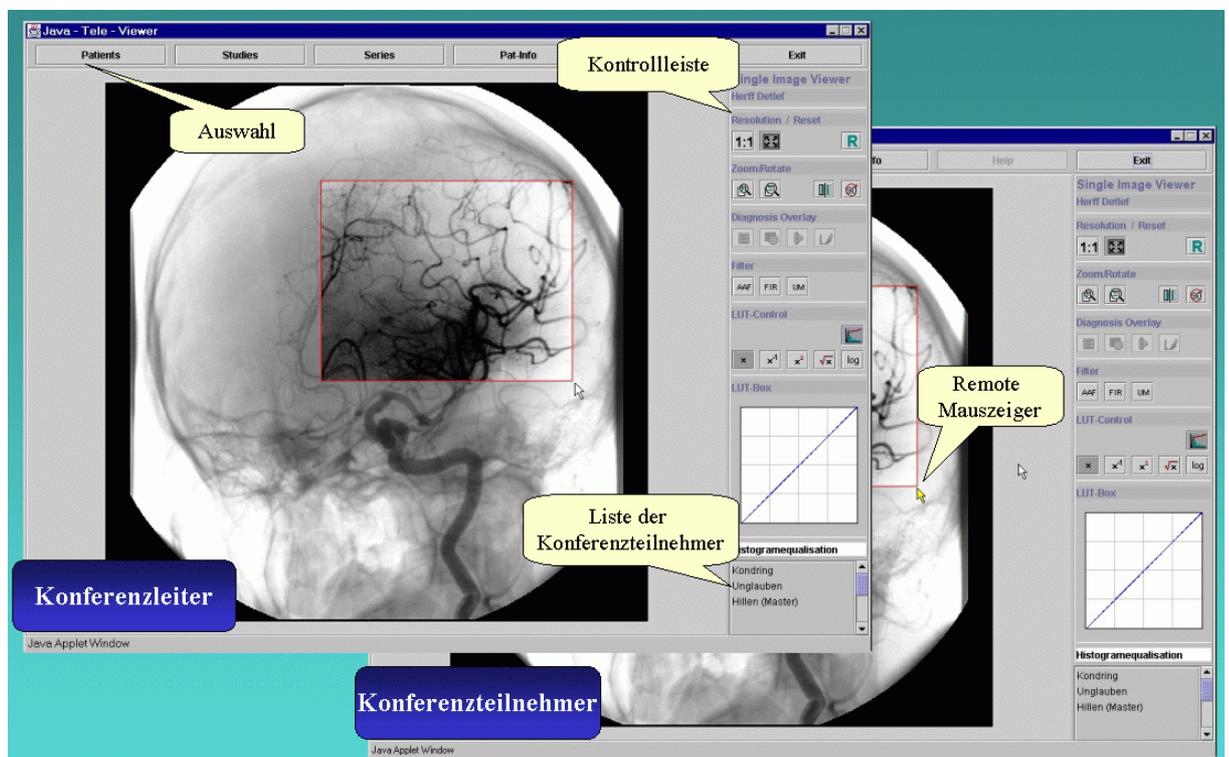


Abb. 6.5: Telekonferenz

Bei der Teleschulung wird eine akademische Fernausbildung oder Fernweiterbildung ermöglicht. Die Teilnehmer befinden sich bei der Teleschulung an verschiedenen Standorten. Dadurch kann vor allem theoretisches Wissen auch Personen in abgelegenen Gebieten vermittelt werden. Der Vorteil der Teleschulung, bei dem ein Lehrender via Video- und/oder Audiokonferenz einen E-Schulung-Kurs abhält, liegt in der Erreichbarkeit unendlich vieler Zuhörer. Zwar ist die Teilnahme an der elektronischen Vorlesung noch immer an eine Präsenz zu einem bestimmten

Telekonferenz (Videokonferenz), Telekonsultation, Teleschulung (Telelearning)

Zeitpunkt gebunden. Jedoch kann die Vorlesung jederzeit und beliebig oft wiederholend angeschaut werden, soweit sie als Datei zugänglich gemacht wird.

6.5. Telemonitoring, Patientenüberwachungssysteme

Unter Telemonitoring versteht man die Fernuntersuchung und -diagnose des Patienten von seinem behandelnden Arzt. Das Telemonitoring ist ein noch sehr junger Teilaspekt der Telemedizin. [<http://de.wikipedia.org/wiki/Telemonitoring>]

Bei Telemonitoring werden Patienten mit Geräten zur Messung von Vitaldaten ausgestattet (z.B. Gewicht, Blutdruck, Herzfrequenz). Diese Messungsergebnisse werden direkt zu einem medizinischen Betreuer übertragen. Das kann der Hausarzt, ein Facharzt oder auch ein telemedizinisches Zentrum sein. Zusätzlich kann es ein Kommunikationsgerät im Telemonitoring für den Patienten geben. Es kann z.B. ein speziell ausgestattetes Mobiltelefon oder einen Personal Digital Assistant (PDA) sein. Auf dieses Gerät können im Telemonitoring automatisch Informationen und Rückmeldungen des Arztes übertragen werden. Diese Meldungen können z.B. Erinnerungen an Medikamenteneinnahme, durchzuführende Messungen oder auch eine Information über den aktuellen Status der Messwerte sein. Ein Blutdruck-Monitor für Telemonitoring wird in Abbildung 6.6 dargestellt. Die Geräte und die Ergebnisse von Telemonitoring machen das Telemonitoring zu einer ernsthaften Option für Krankenhäuser und niedergelassene Ärzte. Mit Telemonitoring können z. B. stationäre Ressourcen geschont werden und die Patientenbindung intensiviert werden.



Abb. 6.6: Blutdruck-Monitor für Telemonitoring (Fernüberwachen)

Ein Variant des Telemonitoring ist das Home Monitoring (Home Care, kundenorientiertes Gesundheitssystem). Home Monitoring bezeichnet ein Verfahren, bei dem Lebensfunktionen eines Patienten durch einen Arzt fern überwacht werden können. Der Patient kann dabei sein normales Leben weiterführen. Das System versorgt den Arzt online mit aktuellen Informationen z.B. über seine Herzschrittmacher- und Defibrillatorpatienten. Es werden medizinische sowie technische Daten vom Implantat an ein Patientengerät gesendet, das ähnlich wie ein Mobiltelefon arbeitet. Die Datenübertragung vom Implantat zum Patientengerät erfolgt über einen speziellen, im Implantat eingebauten Sender. Vom Patientengerät erreichen die Daten über das Mobilfunknetz ein zentrales Service Center, wo sie analysiert und dargestellt werden. Der gesamte Informationsfluss ist vollständig automatisiert. Bei lebensbedrohlichen Zuständen kann eine automatische Alarmierung des Arztes erfolgen, so dass unter Umständen lebensrettende Hilfe veranlasst werden kann.

Durch das Home Monitoring erhalten die Patienten mehr Wissen über ihren Gesundheitszustand, Zugang zu unterstützenden Mitteln und Services. Damit haben sie mehr Vertrauen in die jeweilige Therapie. Die Patienten werden durch die Pflege zu Hause unabhängiger. Sie lernen viel im Umgang mit ihrer Krankheit. Sie nehmen aktiv ihr Schicksal in die Hand. Die Patienten können sich trotz Krankheit im vertrauten Umfeld bewegen, ohne dabei der medizinischen Überwachung verlustig zu gehen. Dadurch steigert sich tendenziell die Lebensqualität der Kranken. Die Ärzte wiederum erhalten ein regelmäßiges Feedback zu ihrem Tun.

Unter Telemonitoring wird beispielsweise die Fernüberwachung von Herzschrittmachern, Atemmessungen bei Asthmakranken, die EKG-Ferndiagnose¹ oder die Übertragung von Blutzuckerwerten verstanden. Es kann sich aber auch um die Unterstützung und Fernüberwachung von Krebs- oder AIDS-Patienten sowie von Risikoschwangerschaften handeln. Der Patient muss regelmäßigen Abständen die gemessenen Werte dem behandelnde Arzt melden. Bei der Fernüberwachung können die Werte via Handy oder Funk automatisch übertragen werden. Zu Beginn eines Telemonitoring werden die zu beachtenden Grenzwerte vom Arzt festgelegt. Wenn die Werte nicht im Bereich der Grenzwerte liegen, wird der Arzt darüber informiert oder es wird ein Notruf aufgelöst.

Im Sommer 2001 hat mediX (Ärzteverbund Zürich, www.medix-aerzte.ch) ein Herzprogramm gestartet, mit dem Notfälle der Hospitalen minimiert werden sollen. Es handelt sich um ein telemedizinisches Gewichtsmontoring. Eine Gewichtszunahme, stärkere Atemnot und Ödeme sind Alarmsymptome bei Herzinsuffizienz. Durch eine regelmäßige Gewichtskontrolle und Beobachtung

¹ EKG ist die Abkürzung für Elektrokardiogramm, bei welchem elektronisch die Herzaktivität gemessen und aufgezeichnet wird.

anderer Symptome soll der Patient lernen, mit seiner Krankheit und den damit zusammenhängenden Anzeichen umzugehen. Der Patient wird über seine Krankheit eingehend aufgeklärt und in der Beobachtung geschult. Er lernt sich und seinen Körper kennen. Er kann dadurch Veränderungen, welche eine Verschlechterung des Gesundheitszustandes signalisieren, richtig einordnen und lernt adäquat zu reagieren (Self-Monitoring). Durch das frühzeitige Erkennen der Symptome und das richtige Handeln kann eine notfallmäßige Spitäleinweisung in vielen Fällen verhindert werden. Beim Gewichtsmontoring stellt sich der Patient täglich etwa zur gleichen Zeit auf eine elektronische Waage mit integriertem Modem. Das Modem ist per Telefonleitung mit dem Call Center verbunden und überliefert diesem die Daten. Die Daten werden in ein internetbasiertes Krankendossier eingetragen, auf welches der Patient und dessen Ärzte mit Passwort Zugriff haben. Bei Überschreiten oder Unterschreiten der zuvor festgelegten Grenzwerte oder bei nicht Melden der Daten wird der Arzt durch das Call Center informiert. Nebst diesem täglichen Wägen muss der Patient täglich sein Befinden in einem Tagebuch festhalten, wodurch sich dieser regelmäßig mit sich und seiner Krankheit auseinandersetzt. [medix-aerzte]

Die wesentlichen Vorteile der rechnergestützten Patientenüberwachung sind:

- Intelligente und differenzierte Alarmorganisation,
- Programmierbare und anwenderbezogene Bildschirmanzeigen,
- Anwendungsfreundliche Bedienkonzepte,
- Prognostische Trenddarstellung,
- Automatische Berechnung von physiologischen Beziehungen und Sekundärparametern,
- Protokollierung von Messergebnissen,
- Automatische Intervallmessungen,
- Selbständige Kalibrierung von Elektroden, Gasen, Drücken.

Diese Vorteile tragen bei, dass ein besseres Erkennen bei der Überwachung komplexer Zusammenhänge möglich wird. Damit kann eine therapeutische Intervention frühzeitig und gezielt eingeleitet werden. Heutige Patientenüberwachungssysteme bieten dem Anwender darüber hinaus umfassende Systemlösungen, die charakterisiert sind durch:

- Offenes und flexibles Monitoringssystem, das sich den jeweiligen Anforderungen anpasst und auch zukünftig aufgrund neuer Entwicklungen erweiterbar ist,
- Vernetzung von bettseitigem Monitoring bis zu Hintergrundsystemen (Zentralen, Labor usw.),
- Umfangreiche und rechnergestützte Berechnungsprogramme
- Bidirektionale Datenübertragung, d.h. Daten können vom System empfangen und versandt werden.

6.6. Telepathologie

Die Telepathologie ist ein Teilgebiet der Telemedizin. Unter Telepathologie versteht man die Begutachtung eines Falles über eine Distanz unter Zuhilfenahme elektronischer Medien. Die Kommunikation kann online (z.B. per Videokonferenz) oder offline (z.B. per Email) folgen. Bei der Telediagnostik geht die Verantwortung für die Diagnose des Falles an den angerufenen Spezialisten über, wenn dieser definitiv übernimmt. Hierfür ist es außerordentlich hilfreich, wenn der Spezialist das Mikroskop seines Kollegen selbst steuern kann, um eine klare und vollständige Vorstellung des darunter liegenden Präparates zu bekommen. Die Schnellschnitt-Expertise¹ und die Schnellschnitt-Diagnostik² sind ausschließlich online möglich. Neben der Übertragung des Mikroskopbildes muss auch eine akustische Kommunikation zwischen beiden Seiten, am besten einschließlich des Operators, gesichert sein.

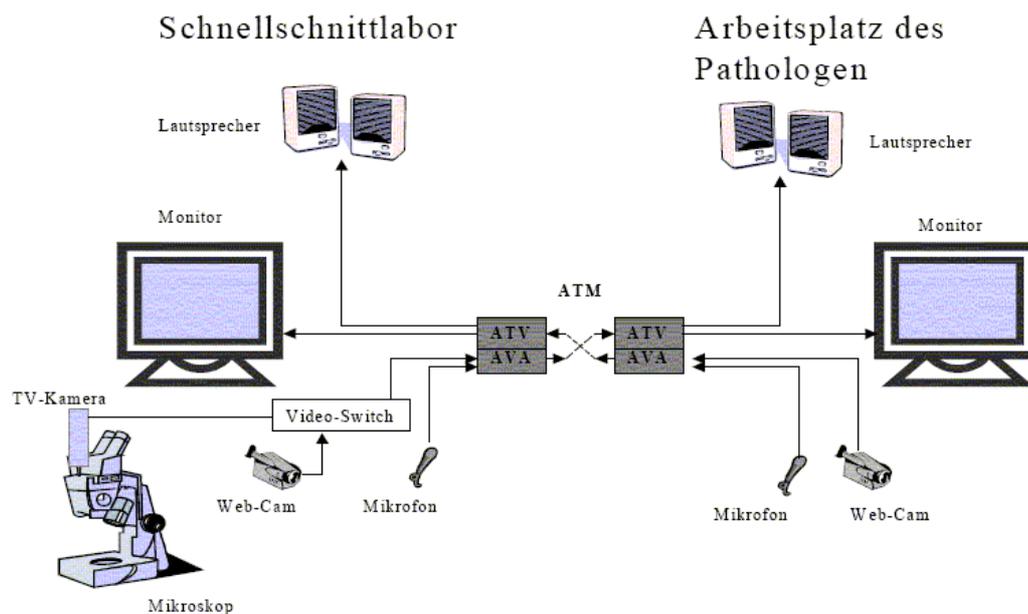


Abb. 6.7: Der Aufbau des Telepathologiesystems

Zu einem Telepathologiesystem gehört mindestens ein Computer mit Netzanschluss. An diesem Gerät kann dann allerdings nur an Mikroskopbildern diagnostiziert werden, die über das Netz eingegangen sind. Für die Aufnahme von Mikroskopbildern benötigt man eine Kamera, die durch einen Adapter mit dem Mikroskop verbunden wird. Das Mikroskopbild muss für die Speicherung und Übertragung digitalisiert werden. Die Digitalisierung kann entweder bereits in der

¹ Ein entfernter Pathologe unterstützt einen Kollegen vor Ort.

² Beaufsichtigung des Materialzuschnittes und Beurteilung der mikroskopischen Präparate erfolgen durch und in Verantwortung eines räumlich entfernten Pathologen.

Kamera oder in einem speziellen Computereinschub erfolgen. Um einen Fall gemeinsam besprechen zu können, kann eine Videokonferenz realisiert werden. Hierzu benötigt man eine Raumbesichterkamera, ein Mikrofon, und bei nicht integrierten Systemen einen weiteren Monitor. Wenn das Mikroskop des diagnostischen Partners ferngesteuert werden soll, ist dafür ein computer-steuerbares Mikroskop erforderlich. Die einzelnen Komponenten eines Telepathologiesystems werden durch entsprechende Software angesprochen, miteinander verknüpft und die Funktionalität auf dem PC angeboten. Der prinzipielle Aufbau des Systems ist in Abbildung 6.7 dargestellt.

Der Vorteil der Telepathologie besteht darin, unkompliziert und schnell eine zweite Meinung einholen zu können. Damit kann die diagnostische Sicherheit für Arzt und Patient erhöht werden. Das zeitaufwendige Verschicken von Präparaten kann erheblich reduziert werden, geographische Entfernungen nehmen in ihrer Bedeutung ab. Durch eine langfristig flächendeckende Einführung der Telepathologie erhofft man sich insgesamt neben Zeit- und Geldersparnis eine Qualitätssteigerung in der Diagnostik.

6.7. Teleradiologie

Unter Teleradiologie versteht man im Allgemeinen die Übertragung radiologischer Bilder von einem Platz zum anderen Platz. Ein Bildarchivierungs- und Übertragungssystem (picture archiving and communications system, PACS) übernimmt die Übertragung, Archivierung und das Management der Bilder sowie der zugehörigen Daten und die Verbindung zu anderen Informationssystemen herstellen. Im engeren Sinn bedeutet Teleradiologie die bildgebende Untersuchung eines Menschen unter der Verantwortung eines fachkundigen Arztes (meist Radiologe), der sich nicht am Ort der Durchführung befindet. Der verantwortliche Radiologe steht dabei mittels elektronischer Datenübertragung (z.B. verschlüsselte Internet-Tunnelung oder Telefon-Verbindung) unmittelbar mit der anfordernden und durchführenden Stelle in Verbindung. Es gibt verschiedene Einsatzgebiete für Teleradiologiesysteme: die Verbindung zwischen zwei Kliniken, die zwischen einer Großgerätepraxis und einer zugehörigen Klinik oder einer radiologischen Praxis. Jedes dieser Einsatzgebiete stellt unterschiedliche Anforderungen an die eingesetzte Technologie und die Kommunikationswege.

Die einfachsten Teleradiologiesysteme gestatten nur eine begrenzte Bildqualität. Diese sind nur für eine vorläufige Ferninterpretation geeignet. Die endgültige Befundung muss anhand der Originalaufnahmen (Filme oder Monitor) erfolgen. Teleradiologiesysteme dieser Kategorie lassen sich problemlos aus Standard-PC

Bausteinen herstellen. Hochleistungssysteme gestatten die Bildübertragung in Befundungsqualität. Einsatzgebiete für diese hoch auflösende Bildübertragung sind primär Intensivstationen, Notfallaufnahmen und kleinere Krankenhäuser ohne eigenen Radiologen. Bei diesen Krankenhäusern kann die Befundung durch einen zentral lokalisierten Spezialisten erfolgen. Der Vorteil liegt hier in der Zeitersparnis.

Der Ablauf der Teleradiologie ist so: Vor der Untersuchung wird die Fragestellung und die Art der gewünschten Untersuchung übermittelt. Der Radiologe überprüft die rechtfertigende Indikation und legt das Untersuchungsprogramm fest. Die Untersuchung wird durchgeführt. Nach der Durchführung wird der Bilddatensatz an den Radiologen übermittelt. Der Radiologe sendet seinen Befund an die Anforderungsstelle zurück (per elektronischer Mail, Fax oder telefonischem Diktat).

Ein Teleradiologiesystem besteht aus zwei oder mehr durch ein WAN (wide area network) miteinander verbundenen Bildarbeitsplätzen. Der Zweck dieses Systems ist die Übertragung digitaler radiologischer Bilddaten von einem Ort zum anderen Ort über größere Entfernung hinweg. Die Daten können archiviert, als Hardkopie gedruckt und auf einer Workstation dargestellt werden. Bei der Einführung eines Teleradiologiesystems sind folgende vier Faktoren zu beachten:

- Beurteilung der Art der zu übertragenden Bilder hinsichtlich der erforderlichen Auflösung und der sich daraus ergebenden Datenmenge,
- Auswahl eines für diese Datenmenge kostengünstigen WAN,
- Entwurf der Architektur des Teleradiologienetzwerkes,
- Schulung der Mitarbeiter sowie Wartung des Netzwerkes.

Eine zentrale Bedeutung kommt hierbei dem ersten Punkt zu. Die hier entstehenden Datenmengen wurden zur Veranschaulichung in Tabelle 6.1 dargestellt.

Der Datenaustausch zwischen Geräten unterschiedlicher Hersteller und Entwicklungsgenerationen stellt das Hauptproblem dar. Deshalb werden die folgende Bildstandardisierungen benutzt: DICOM, Health Level 7 (HL7). Der DICOM Standard wurde nach dem OSI-Modell entworfen, das die Kommunikation zwischen heterogenen Systemen erlaubt. Damit können Bilder und Daten von unterschiedlichen bildgebenden und bildverarbeitenden Geräten untereinander ausgetauscht werden. [Müller 99]

Bildart	MByte/Bild	Übertragungsdauer in sec.		
		Telefon (9,6 KBit/sec)	ISDN (128 KBit/sec)	Ethernet (10 MBit/sec)
CT 512 x 512 x 12 Bit	0,5	13017	983	12,6
MRT 256 x 256 x 12 Bit	0,13	5680	425	5,5
DSA 1024 x 1024 x 8 Bit	1	17476	1311	16,8
Nuklearmed. Bilder 128 x 128 x 8 Bit	0,016	364	27	0,3
Digitales Röntgenbilder 2048 x 2048 x 10 Bit	6	20971	1573	20,1
Gescanntes Röntgenbild 2048 x 2048 x 12 Bit	6	27962	2097	26,8

Tabelle 6.1: Darstellung der Dateigröße und der notwendigen Übertragungszeit über unterschiedliche Netze ohne Berücksichtigung einer möglichen Datenkompression

Systembestandteile	Funktion
ISDN-Server	Telekommunikation
Jukeboxstation	Verwaltung des digitalen Langzeitarchivs
Auslagerungsstation	Automatisiertes Auslagern (z.B. Brennen der Bilddaten auf CD)
DICOM-Server	Übernahme von Bilddaten im DICOM-Format
Röntgenfilm-Scanner Station	Scannen von Filmdokumenten
Analoge Videoaufnahmestation	z.B. Ultraschall-Bildaufnahme-Station
Nicht Standard Videostation	Nicht DICOM-fähige Geräteanbindung
Dokumenten Aufnahmestation	Scannen von Dokumenten
Viewing Station	Bildbetrachtung
Cardio Viewing-Station	Betrachtung von Filmsequenzen
Befundungsstation	Befundung mit Monitoren in Befundungshöchstqualität bis hin zur Multimonitorwand

Tabelle 6.2: Bestandteile eines modularen PAC-Systems und ihre Funktion

Grundsätzlich ist festzustellen, dass eine PACS-Lösung auf der Basis von Personalcomputersystemen möglich ist. In Anbetracht des finanziellen Mittelbedarfs empfiehlt sich der sukzessive Aufbau eines modular installierbaren PAC-Systems. Bestandteile eines solchen Systems und ihre Funktion werden in Tabelle 6.2 dargestellt.

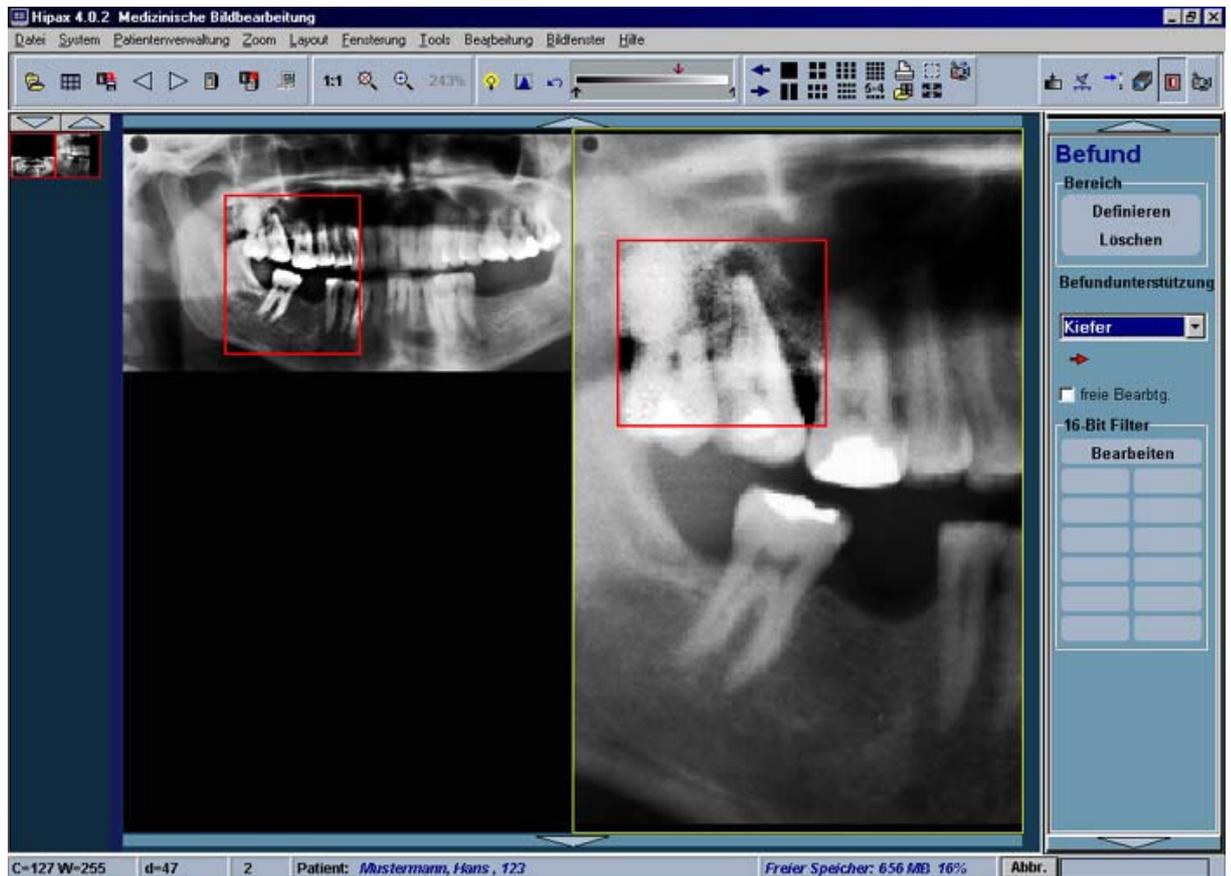


Abb. 6.8: Hipax - Benutzeroberfläche

Ein Beispiel der direkten Datenübertragung aus einem modernen Bildbearbeitungsprogramm wird in der Abbildung 6.8 dargestellt. Das Programm HiPax ist ein modular aufgebautes Bildbearbeitungsprogramm, das von Röntgenbildern bis Bewegtbildern alle erforderlichen Module bereitstellt. Die Datenübertragung kann direkt aus dem Programm erfolgen. [hipax]

6.8. Roboter in der Medizin

Die Beziehung von Computer und Roboter in der Chirurgie ist nicht ganz neu und wird vor allem in der Neurochirurgie seit einigen Jahren eingesetzt. Manche Organe bewegen sich während eines Eingriffs, z.B. Herz. Bei diesen Organen ist es auch in der näheren Zukunft noch unerlässlich, dass der Chirurg den Roboter direkt vor Ort führt, da auf die Bewegungen der Organe aus der Ferne nicht gleich schnell und angepasst reagiert werden kann, wie am Ort des Geschehens.

Roboter werden immer häufiger bei schwierigen Operationen eingesetzt und haben da einen hohen Stellenwert. Auch hier wird nicht versucht, die Ärzte zu ersetzen, sondern ihnen bei schwierigen und anstrengenden Operationen behilflich zu sein. Der Chirurg kann sich bei heiklen Eingriffen auf die Genauigkeit des Roboters verlassen. Während ein Chirurg ermüdet oder überarbeitet sein kann, wird ein Roboter nicht müde, zittert nicht und ist von vielen anderen Umständen (z. B. Stress) unabhängig. Der Roboter soll aber den Arzt nicht ersetzen. Vielmehr ist eine Art der Kooperation erwünscht, bei der sich Mensch und Maschine gegenseitig ergänzen.

3 Arten der Zusammenarbeit zwischen Roboter und Mensch:

- Telerobotik
- Automatische Systeme
- Interaktive Systeme

6.8.1. Telerobotik

Bei der Telerobotik ist der Mensch räumlich vom Roboter getrennt. Der Mensch steuert den Roboter über die Sprache, Joystick, Masterarme oder ähnliche Eingabe- oder Steuerungsgeräte. Telerobotiksysteme kommen dann zum Einsatz, wenn der Arbeitsraum:

- zu weit entfernt
- zu klein
- zu gefährlich ist.

In der Medizin kommen sie zum Einsatz, wenn der Arzt räumlich vom Roboter getrennt ist bzw. eine Steuerung aus der Ferne notwendig ist. Diese Systeme haben den großen Vorteil, dass kleinere Schnitte am Körper genügen, um die Operation durchzuführen. [telerobotik]

6.8.2. Automatische Systeme

Bei den automatischen Systemen führt der Roboter die Tätigkeiten selbständig durch.

Die Tätigkeiten werden zuvor einprogrammiert. In der Medizin muss der Arzt bei der Operation anwesend sein, um gegebenenfalls, bei Komplikationen, eingreifen zu können.

Der Vorteil der automatischen Systeme: Der Roboter kann wesentlich präziser vorgehen als es einem Arzt möglich wäre.

Der Nachteil der automatischen Systeme: Durch den Einsatz des Roboters verlängert sich die Operation und folglich besteht ein höheres Infektionsrisiko für den Patienten.

6.8.3. Interaktive Systeme

Interaktive Systeme werden von Menschen geführt und der Roboter dient zur Erweiterung und Verbesserung seiner Fähigkeiten. In der Medizin gibt es viele Operationen, die eine sehr hohe Präzision erfordern und wo jede (kleine) Abweichung schwere Folgen haben könnte.

Beispiel: Operationen an der Wirbelsäule, wo eine kleine Abweichung zur Lähmung des Patienten führen kann. Ein Arzt kann mit Hilfe von interaktiven Systemen punktgenaue Arbeiten durchführen.

Der Vorteil der interaktiven Systeme: Durch die hohe Präzision des Systems können versehentliche Verletzungen an Rückenmark, Nervenbahnen oder Blutgefäßen nahezu ausgeschlossen werden.

Der Nachteil der interaktiven Systeme: Die Operation wird verlängert und führt zu einem höheren Infektionsrisiko des Patienten.

6.8.4. Realisierte Operationsroboter

6.8.4.1. *Robodoc*

Der Roboter ROBODOC besteht aus einem angepassten Industrieroboter, der rechnergestützt die zur Implantation von künstlichen Hüftgelenken notwendigen Fräsungen des Knochens vornimmt. Diese Fräsungen werden bei der herkömmlichen Methode vom operierenden Chirurgen von Hand mit Fräsgeräten und Feilen vorgenommen.

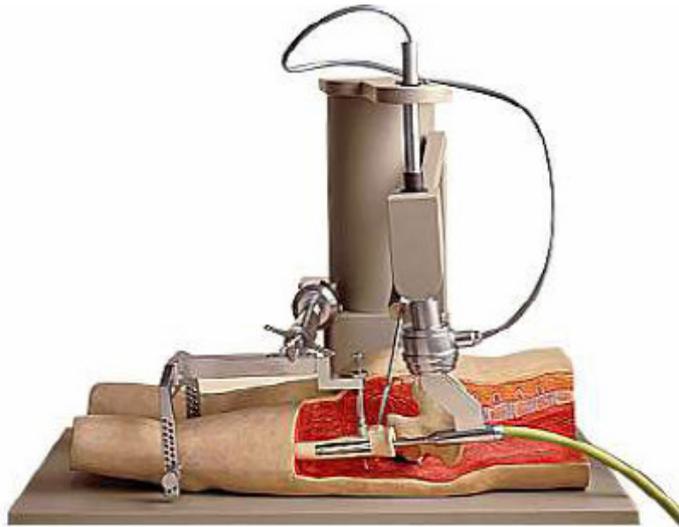


Abb. 6.9: ROBODOC während einer Operation

Alle weiteren Operationsschritte vor und nach dem Fräsvorgang werden bei der ROBODOC-Methode ebenso wie bei der herkömmlichen Methode vom operierenden Chirurgen von Hand ausgeführt. Für die Behandlung mit ROBODOC (Abb. 6.9) ist eine ausführliche und genaue Planung der Operation notwendig, um Daten der Knochengometrie des Patienten zur Steuerung des Gerätes in ausreichender Genauigkeit zur Verfügung zu haben. Dabei ist die Realitätstreue und Detailauflösung des zur Planung verwendeten bildgebenden Verfahrens (z.B. Röntgen) ebenso wichtig wie die Erfahrung des planenden Chirurgen, der die abgebildeten Strukturen den Strukturen im Körper zuordnen muss. [<http://de.wikipedia.org/wiki/ROBODOC>]

ROBODOC wurde unter anderem an der Berufsgenossenschaftlichen Unfallklinik in Frankfurt am Main seit 1994 eingesetzt. Bis zum Jahre 1998 wurde ROBODOC bei über 1.000 Operationen eingesetzt und die Prothesen konnten nach dem Fräsen der Höhle ausnahmslos problemlos eingesetzt werden. Beim Einsatz von ROBODOC traten auch häufig Probleme auf. In den USA bekam ROBODOC nach einer Testphase keine Zulassung. In Deutschland wurde ROBODOC zugelassen und bis 2004 wurden damit ca. 12.000 Operationen durchgeführt. Seit Mitte April 2004 wird ROBODOC auch in Deutschland nicht mehr eingesetzt.

Vorteile der Operation mit ROBODOC: Der ROBODOC kann Fräsungen wesentlich genauer und gleichmäßiger erstellen, und genau auf die Abmessungen des Implantats abstimmen. Dadurch werden die Passgenauigkeit und die Einheilung der Prothese verbessert, was zu kürzeren Nachbehandlungsphasen und schnellerer Belastbarkeit der Prothese führt.

Nachteile der Operation mit ROBODOC: Die Komplikationsrate war insgesamt niedriger als bei konventionellen Operationen und das Hüftgelenk konnte nach der Operation auch sofort belastet werden. Eine Operation mit ROBODOC dauert 2,25 Stunden, während konventionelle Operationen im Durchschnitt 1,25 Stunden dauern.

6.8.4.2. AESOP

AESOP (Automated Endoscope System for Optimal Positioning) war der erste für die klinische Praxis entwickelte Roboter. Er wurde von der Firma Computer Motion in Kalifornien (USA) gebaut, und 1994 von der FDA (Federal Drug Association) für den Klinikbetrieb (Abbildung 6.10) zugelassen. Er fungiert hauptsächlich als Unterstützung zur Kameraführung bei laparoskopischen Eingriffen und kann per Fußpedal, hand- oder sprachgesteuert werden.



Abb. 6.10: AESOP

Nachteile des AESOP-Systems:

- Unflexibilität im Bezug auf die Anpassung an den Arbeitsstil des Operators
- Die Sprachsteuerung erfordert ein ständiges Sprechen des Chirurgen und kann vom OP-Team als störend empfunden werden
- Studenten wird die Möglichkeit zum Training genommen, ohne die Kosten signifikant zu senken.

6.8.4.3. CASPAR

CASPAR (Computer Assisted Surgical Planning And Robotics) ist ein in Europa entwickelter Operationsroboter (Abbildung 6.11). Er wird in der Knochen- und Gelenkchirurgie verwendet, wobei auch weitere Einsatzmöglichkeiten (z. B. in der Schulterprothetik) vorstellbar sind. Er wird seit 1997 in der Abteilung für Unfallchirurgie der Universitätsklinik Erlangen-Nürnberg eingesetzt.

Der Vorteil von CASPAR ist die hohe Genauigkeit, die beim Fräsen des Prothesenbettes erreicht wird. Durch die exakte Umsetzung der am Computer errechneten Fräsebahnen kann die Prothese genau wie am Computer geplant eingesetzt werden. Außerdem werden bei Operationen, die von CASPAR durchgeführt werden, die betroffenen Knochen sowie das betroffene Weichteilgewebe deutlich weniger belastet. Durch die hohe Passgenauigkeit der eingesetzten Prothese (ähnlich gut wie bei einer Verwendung von Zement) wird der Heilungsprozess beschleunigt und ein langfristiger Erfolg der Operation wahrscheinlicher.

Nachteilig an CASPAR gegenüber konventionellen Operationen sind die Referenzpins, mit denen der zu operierende Bereich versehen werden muss. Das Befestigen dieser Pins bedeutet eine zusätzliche Belastung für den Patienten. Außerdem muss das Personal geschult werden im Umgang mit CASPAR. Dazu gehören die präoperative Planung der Operation, die Bedienung des Roboters während der Operation, sowie das Verständnis der Sicherheitsaspekte. Die eigentliche Operation dauert mit CASPAR ungefähr 10 Minuten länger als eine konventionelle Operation. Bei einem irregulären Implantatlager kann die von CASPAR benötigte Zeit auch kürzer sein als bei herkömmlichen Operationen.



Abb. 6.11: CASPAR Operationsroboter

Die Gefahr einer Infektion oder Entstehung einer Thrombose ist beim Einsatz von CASPAR genauso hoch wie bei herkömmlichen Operationen. Die postoperativen Beschwerden der Patienten werden durch den Einsatz von CASPAR vermindert. Acht Wochen nach der Operation konnten sich 80% der Patienten ohne eine Gehhilfe bewegen. Verglichen mit konventioneller Behandlung sind die Ergebnisse sehr gut.

Ein mögliches Einsatzgebiet für CASPAR ist der Ersatz von gerissenen vorderen Kreuzbändern am Knie. Bei dieser Operation muss je ein Loch in die Tibia (Schienbein) und in den Femur (Oberschenkelknochen) gebohrt werden. In diese Löcher werden Schrauben eingesetzt, an denen das neue Kreuzband befestigt wird (Abb. 6.12).



Abb. 6.12: Neues Kreuzband mit Halterungen

Für einen langfristigen Erfolg dieser Operation müssen die Löcher an den richtigen Stellen platziert werden. Es scheint aber problematisch zu sein, diese Stelle genau zu bestimmen, da 10-25% der Kreuzbandoperationen aufgrund schlecht gewählter Bohrstellen erneut durchgeführt werden müssen. Bei Verwendung von CASPAR werden zunächst Referenzpins in das Knie implantiert und ein Computertomogramm des Kniegelenks erstellt. Am Computer können an dieser CT-Aufnahme des verletzten Kniegelenks die richtigen Bohrstellen bestimmt werden. Dabei können unter anderem CT-Aufnahmen des gesunden Knies verwendet werden und von diesen kann auf die idealen Ansatzpunkte des Kreuzbandes beim verletzten Knie geschlossen werden. Nach dieser virtuellen Planung werden die berechneten Daten auf den CASPAR Roboter überspielt. Dieser wird fest mit Femur und Tibia verbunden und ein Bewegungssensor wird am Knochen angebracht. Registriert diese Bewegungen des Knochens, fährt der Roboter in seine Sicherheitsposition. Die Tibia wird mit Hilfe des Metallpins registriert und der tibiale Tunnel gebohrt. Danach wird der Femur registriert und der femurale Tunnel gebohrt. Anschließend wird das neue

vordere Kreuzband vom Chirurgen an Schrauben in den gebohrten Kanälen befestigt und die Operationsstelle verschlossen. [Cihak 05]

6.8.4.4. CRIGOS

Mit CRIGOS (Compact Robot for Image Guided Orthopedic Surgery) wurde ein völlig neuartiges Konzept eines medizinischen Roboters entwickelt. Bei den zur Zeit verwendeten Robotersystemen müssen Metallpins in die zu operierenden Stellen gebohrt werden, was zu einer zusätzlichen Belastung des Patienten führt. Die Roboter sind modifizierte Industrieroboter. Diese haben wegen des Einsatzes in der Industrie einen großen Arbeitsraum und sehr flexible Bewegungen, was zu Sicherheitsrisiken führen kann.

Der CRIGOS-Roboter (Abb. 6.13) kann bei Operationen Knochen modifizieren. Ziel dieser Entwicklung ist es, den konventionellen Operationsablauf möglichst wenig abzuändern und die Sicherheit bei der Benutzung eines Roboters zu erhöhen. Es müssen vor der eigentlichen Operation keine Metallpins an der betroffenen Stelle angebracht werden. [Cihak 05]



Abb. 6.13: Prototyp von CRIGOS

Um den Ablauf der Operation zu planen, werden jedoch während der Operation Röntgenaufnahmen des betroffenen Gebietes gemacht.

- Anhand eines ersten Röntgenbildes bestimmt der Arzt die ungefähre Größe der Prothese und den groben Operationsablauf. Der Roboter wird danach mit der zu operierenden Stelle verbunden.
- Im nächsten Schritt werden mindestens 2 Röntgenaufnahmen gemacht. Die richtige Prothese wird vom Chirurg bestimmt und innerhalb eines 3-dimensionalen Bildes des Oberschenkelknochens positioniert und orientiert.

Das Ergebnis wird auf die beiden 2-dimensionalen Röntgenbilder übertragen. Der Roboter besitzt eine “Kalibrierungsplatte” mit mehreren Kalibrierungspunkten. Diese Kalibrierungspunkte sind in den Röntgenaufnahmen zu sehen und werden dazu verwendet, um die virtuellen 3D-Koordinaten des Computers mit den realen Koordinaten abzugleichen. Somit entfällt die Notwendigkeit, Metallpins in die Knochen einzubohren, um eine Kalibrierung durchzuführen.

6.8.4.5. Da Vinci System

Das Da Vinci System (Abb. 6.14) ist ein Telemanipulationssystem, also kein autonomer Roboter. Es wurde für minimal invasive Eingriffe entwickelt. Das bedeutet, dass der Zugang zum Operationsort durch mehrere kleine Löcher erfolgt. Der Patient wird dadurch weniger belastet, als bei konventionellen Operationen, wo im Allgemeinen größere Schnitte notwendig sind. Ein minimal invasiver Eingriff minimiert den Blutverlust und das Infektionsrisiko des Patienten und die Narkosedosis kann auch reduziert werden.



Abb. 6.14: Das Da Vinci System

Bei der Operation sitzt der Arzt an einer Steuerkonsole und bewegt von dort aus die chirurgischen Instrumente beim Patienten. Das System besteht aus 3 Teilen (Abb. 6.15):

- Steuerkonsole für den Chirurgen (A)
- Instrumentenwagen [Turm für das elektronische Equipment (B)]
- Greifarm (C)

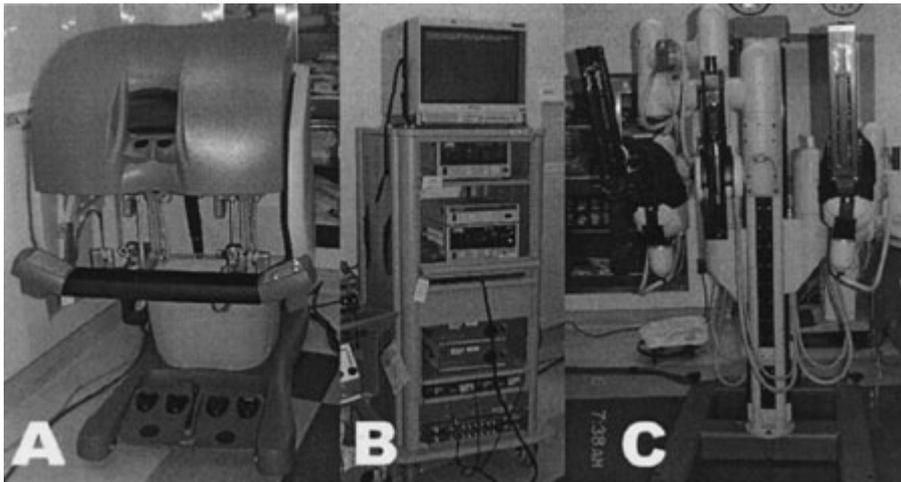


Abb. 6.15: Da Vinci

Der Roboter hat 3 Arme, einen für die Kamera, zwei für chirurgische Instrumente, die in 7 Freiheitsgraden und 2 Rotationsgraden bewegt werden können. Die Konsole bietet ein 3D-Visualisierungssystem, vergleichbar mit dem Blick durch einen Feldstecher.



Abb. 6.16: Da Vinci Steuerkonsole und 3-D Sicht

Die Bildverarbeitungssoftware stellt dem Arzt eine detaillierte 3-D Sicht des Operationsfeldes (Abb. 6.16). Die Software ermöglicht dem Arzt eine sehr detaillierte, dreidimensionale Sicht auf das Operationsfeld und eine gute Tiefenschärfe. An der Steuerkonsole kann der Arzt die Instrumente mit Hilfe von Steuerknüppeln bewegen. Das Da Vinci System wird heute weltweit eingesetzt. [Cihak 05]

6.8.4.6. ZEUS

ZEUS (Abb. 6.17), von der Firma "Computer Motion" in Kalifornien entwickelt, hat 3 Greifarme (Abb. 6.18). Die Greifarme sind am Operationstisch fixiert:

- einen für die (endoskopische) Kamera (dies ist der AESOP-Roboter),
- zwei für Instrumente

Der Chirurg steuert die 3 Arme sitzend in angenehmer Position von einer Konsole (Abb. 6.19) aus. Mittels

- zwei separaten Kameras für das rechte bzw. linke Auge
- einer 3D-Brille mit polarisierten Gläsern, die jeweils nur das linke Kamerabild zum linken Auge und das rechte Bild zum rechten Auge durchlassen
- dem Storz-3D-Imaging System

sieht er das Operationsfeld dreidimensional ein. [TrueForce]



Abb. 6.17: ZEUS System während einer Operation

Der Kameraarm wird sprachgesteuert bewegt, die Arbeitsarme über Joysticks.

Der Ruhetremor des Chirurgen wird vom Computer eliminiert, wodurch eine ruhige präzise Führung der Instrumente erreicht wird.



Abb. 6.18: Die Arme des ZEUS



Abb. 6.19: Konsole des ZEUS

Der ZEUS-Roboter wurde für den Einsatz bei Herzoperationen entwickelt. Abbildung 6.20 stellt eine Modellherzoperation dar. [TrueForce]

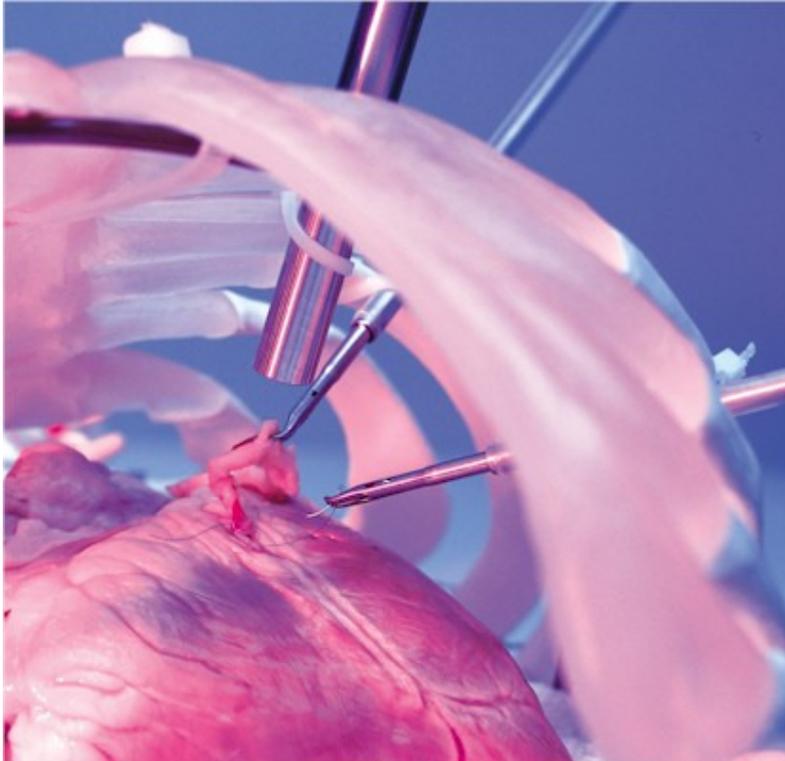


Abb. 6.20: Eine Modellherzoperation mittels ZEUS

Die Probleme des ZEUS sind ähnlich wie die Probleme des Da Vinci:

- kein taktiler Feedback
- das Tragen der 3D-Brille ist störend, so dass die meisten Chirurgen nur das 2-dimensionale Bild verwenden.

Literaturverzeichnis

- [arztwww] http://www.arztwww.at/2001_02/chirzukunft.htm
- [Auerbach 97] Leo Auerbach: Das große Buch zu Medizin im Internet, Verlag Public Voice, Wien, 1997
- [Baumgartner 05] Josef Andreas Baumgartner: Evaluierung von Chancen und Risiken für E-Health Applikationen in Österreich aus der Sicht des Bürgers, Diplomarbeit, Technische Universität Wien, 2005
- [Berger 04] Brigitte Berger Kurzen, E-health und Datenschutz, Schulthess, Zürich, 2004
- [Brell 03] Claus Brell: Der PC im Netz - Grundlagen, Anwendung und Praxisbeispiele, Franzis, Poing, 2003
- [Cihak 05] Peter Cihak, Robotik in der Medizin, Ausarbeitung, Technische Universität München, 2005
- [Comer 00] Douglas E. Comer: Computernetzwerke und Internets, Pearson Studium, München, 2000
- [Conrads 04] Dieter Conrads: Telekommunikation - Grundlagen, Verfahren, Netze, Vieweg Verlag, Wiesbaden, 2004
- [Dugas 03] Martin Dugas: Medizinische Informatik und Bioinformatik, Springer, Berlin, 2003
- [Eckert 04] Claudia Eckert: IT-Sicherheit, Oldenbourg, München, 2004
- [arge-elga] Arbeitsgemeinschaft Elektronische Gesundheitsakte , <http://www.arge-elga.at/>
- [Fischer 05] Burkhard Fischer: e-card in Österreich - Chancen und Risiken, Diplomarbeit, Technische Universität Wien, 2005

- [Frey 98] Stefan Frey: Ein Komponentenmodell für die Verbindungssteuerung in Multimedia-Netzen, Diplomarbeit, Technische Universität Wien, 1998
- [Froitzheim 97] Konrad Froitzheim: Multimedia-Kommunikation, dpunkt Verlag, Heidelberg, 1997
- [Gaber 01] Ahmed Gaber: Telekommunikationsnetzwerke und ihre möglichen Anwendungen in der Telemedizin, Diplomarbeit, Technische Universität Wien, 2001
- [Günther 98] Johann Günther: Telemedizin, eine Telematikanwendung, Donau-Universität Krems, Krems, 1998
- [Haas 05] Peter Haas: Medizinische Informationssysteme und Elektronische Krankenakten, Springer, Berlin, 2005
- [Haas 06] Peter Haas: Gesundheitstelematik, Grundlagen, Anwendungen, Potenziale, Springer, Berlin, 2006
- [Handels 99] Heinz Handels: Telemedizin, Grundlagen - Perspektiven - Systeme – Anwendungen, Shaker, Aachen, 1999
- [hipax] Steinhart Medizinsysteme, <http://www.hipax.de/start.htm>
- [Hurrelmann 01] Klaus Hurrelmann: Moderne Gesundheitskommunikation, Huber Verlag, Bern, 2001
- [Ilkay 02] Alişan Ilkay: Technische Aspekte der Telemedizin, Diplomarbeit, Technische Universität Wien, 2002
- [Jähn 04] Karl Jähn: e-Health, Springer, Berlin, 2004
- [Kauffels 00] Franz-Joachim Kauffels: Lokale Netze, MITP Verlag, Bonn, 2000
- [Klepser 02] Bernd Klepser: Laserzeilen zur optischen Datenübertragung im ITU-T Wellenlängengraster, Diplomarbeit, Technische Universität Wien, 2002

- [Kramme 97] Rüdiger Kramme: Medizintechnik - Verfahren, Systeme und Informationsverarbeitung, Springer, Berlin, 1997
- [Krüger 04] Gerhard Krüger: Lehr- und Übungsbuch Telematik, Fachbuchverl. Leipzig im Carl-Hanser-Verlag, München, 2004
- [Kyas 01] Othmar Kyas: Internet professionell, MITP-Verlag, Bonn, 2001
- [Larisch 05] Dirk Larisch: Das Einsteigerseminar Netzwerktechnik, bhv, Bonn, 2005
- [Lauer 99] Thomas Lauer: Internet, Markt und Technik Buch- und Software-Verlag, München, 1999
- [medix-aerzte] <http://www.medix-aerzte.ch/>
- [Merkle 02] Andreas Merkle: Digitale Funkkommunikation mit Bluetooth, Franzis' Verlag, Poing, 2002
- [Müller 99] Jan-Uwe Müller: Medizinische Telekommunikation, Springer, Berlin, 1999
- [optics] <http://optics.org/cws/article/articles/8895>
- [Premauer 96] Wolfgang Premauer: Anforderungen an medizinische Informationssysteme, Diplomarbeit, Technische Universität Wien, 1996
- [rrk-berlin] Prof. Dr. med. Peter M. Schlag, Telechirurgie, Robert-Rössle-Klinik, Humboldt Universität Berlin
http://www.rrk-berlin.de/op2000/misc/chir_21/schlag.html
- [Sauter 06] Martin Sauter: Grundkurs Mobile Kommunikationssysteme, Vieweg, Wiesbaden, 2006
- [Schlag 99] Peter M. Schlag: Tele- und computergestützte Chirurgie, Springer, Berlin, 1999

- [Schürmann 04] Bernd Schürmann: Grundlagen der Rechnerkommunikation, Vieweg Verlag, Wiesbaden, 2004
- [Selzer 96] Harald Selzer: Moderne Computernetzwerke, Hanser Verlag, München, 1996
- [Speidel 02] Joachim Speidel: Neue Kommunikationsanwendungen in modernen Netzen, VDE Verlag, Berlin, 2002
- [Tautz 02] Frederik Tautz: E-health und die Folgen, Campus-Verlag, Frankfurt/Main, 2002
- [telerobotik] <http://www.unibw.de/lrt11/forschung/schwerpunkte/telerobotik>
- [TrueForce] http://trueforce.com/Medical_Robotics/Medical_Robotics_Companies/zeus.htm
- [Werner 05] Jürgen Werner: Kooperative und autonome Systeme der Medizintechnik, Oldenbourg, München, 2005
- [Wersig 00] Gernot Wersig: Informations- und Kommunikationstechnologien, UVK- Medien, Konstanz, 2000
- [Wikipedia] <http://de.wikipedia.org/wiki/Hauptseite>