

Technische Universität Chemnitz

– Lehrmaterial –

Multimedia Netz Praxis

© Dr. Ludwig Wolf, Andreas Heik

3. Februar 2004

Inhaltsverzeichnis

1	Konzeption der Lehrveranstaltung	9
1.1	Organisation	9
1.2	Inhalt und Ziele	11
1.3	Methodik	14
2	Grundlegende Betrachtungen zu Multimedia	17
2.1	Historischer Abriss	17
2.2	Begriffsklärungen	19
2.2.1	Grundlegende Zusammenhänge	19
2.2.2	Medienklassifizierung	22
2.3	Definitionen	24
2.4	Arbeitsorientierung	26
2.4.1	Systemtechnik	26
2.4.2	Applikationssystematik	27
3	Audio	31
3.1	Allgemeine Betrachtung	31
3.2	Digitalisierung	33
3.2.1	Pulse Code Modulation	33
3.2.2	Abtastung	34
3.2.3	Quantisierung	35
3.2.4	Kodierung	37

3.2.5	lineare und logarithmische Kodierung	38
3.2.6	Digitale Telefonie	39
3.2.7	Audio-CD	40
3.3	Kompression	41
3.3.1	Begriffe und Einordnung	41
3.3.2	Entropy Kodierung	43
3.3.3	Quellkodierung	45
3.3.4	Asymmetrische Verfahren	48
3.3.5	Zusammenfassung	49
3.4	Codecs	50
3.4.1	ITU Sprachstandards	50
3.4.2	ITU G.7xx Standards	51
3.4.3	GSM	53
3.4.4	CELP	54
3.4.5	MPEG Audio	55
3.4.6	Ogg Vorbis	58
4	Video	61
4.1	Allgemeine Betrachtung	61
4.2	Videosignale	64
4.2.1	Analogeameratechnik	64
4.2.2	Digitaleameratechnik	67
4.3	Subsampling (digital TV)	70
4.3.1	Begriff	70
4.3.2	TV-Qualität (digital TV)	71
4.3.3	Standard Videokonferenz	72
4.3.4	Video-CD (MPEG-1)	73
4.4	Kompression	74
4.4.1	JPEG (Übersicht)	74

4.4.2	JPEG (sequentielle Kodierung)	76
4.4.3	Bewegtbilder	82
4.4.4	motion JPEG	84
4.4.5	MPEG-1 (Übersicht)	86
4.4.6	MPEG-1 (Rahmenkodierung)	91
4.5	Applikationen	94
4.5.1	H.261	94
4.5.2	MPEG Standards	97
4.5.3	DVB-Digital Video Broadcast	100
4.5.4	MHP-Multimedia Home Plattform	104

5 Netzwerklösungen für Multimediaanwendungen 107

5.1	Systembetrachtungen	107
5.1.1	Systembeschreibung	107
5.1.2	Sender- und Empfängercharakteristik	109
5.2	Herkömmliche Transportnetze	113
5.2.1	Grundbegriffe der Netzwerktechnik	113
5.2.2	Technologien und Kenngrößen	117
	Physische Links	117
	LAN-Transport	118
	WAN-Transport	120
5.2.3	Technologiebewertung	125
5.3	Multimediakommunikation in IP-Netzen	126
5.3.1	Servicequalität (QoS)	126
	VLAN-Kennzeichnung	126
	Differentiated Services	129
	Integrated Services	132
5.4	H.323-Protokollrahmen	136
5.4.1	Begriffe einer H.323-Umgebung	136

5.4.2	Verbindungssteuerung (Signaling)	138
5.4.3	Realtime Transport Protocol	147
5.4.4	Realtime Transport Control Protocol	151
5.5	SIP Session Initiation Protocol	153
5.5.1	Einordnung	153
5.5.2	Einfaches Beispiel	156
5.5.3	SIP Proxy Server	166
5.5.4	SIP Redirect Server	173
5.5.5	H.323-SIP Interoperabilität	177
5.5.6	SDP Session Description Protocol	179
5.6	Voice over IP	181
6	MBONE - multicastbasierte Anwendungen	185
6.1	Grundlagen	185
6.1.1	Begriffe	185
6.1.2	Adressierung	188
6.1.3	Internet Group Management Protocol	190
6.2	Multicast Routing	193
6.2.1	DVMRP Distance Vector Multicast Routing Protocol	193
6.2.2	PIM Protocol Independent Multicast	196
6.2.3	Reichweitensteuerung	200
6.3	Anwendungen	202
6.3.1	Anwendungen für Konferenzen	202
6.3.2	Multicast Werkzeuge	205
7	Internet Media-on-Demand	211
7.1	Übersicht	211
7.1.1	Begriffe	211

7.1.2	Anwendungsgebiete und Anforderung	213
7.2	Streaming	214
7.2.1	Verfahren	214
7.2.2	Real Time Streaming Protocol - Übersicht	217
7.2.3	RTSP - Kommunikation	220
7.2.4	RTSP - Methoden und Steuerung	223
7.3	Implementationen und Anwendungen	227
8	Anhang	231
8.1	WAV-Format	231

Inhaltsverzeichnis

1 Konzeption der Lehrveranstaltung

1.1 Organisation

Zeitraahmen

- Ankündigung im Vorlesungsverzeichnis:
500780 Multimedia-Netz-Praxis V 2

Durchführung

- im WS 2003 konkret 15 Wochen
- unregelmäßiger Wechsel zwischen Vorlesung und Übung im Computerpool, Kapazitätsabschätzung (max. 25 Personen)

Termin/Ort

Vorlesung: Dienstag 11.30 - 13.00 Uhr 1/B006
Übung: Dienstag 11.30 - 13.00 Uhr 1/203 nach Ankündigung

Abschlußleistung

- Bestandteil der Fachprüfung Vertiefungsgebiet für Informatiker

1 Konzeption der Lehrveranstaltung

- Bestandteil der Fachprüfungen Vertiefungsphase für Angewandte Informatiker
- Einzelprüfungen gemäß Studienplan oder in begründeten Ausnahmefällen

1.2 Inhalt und Ziele

Inhalt

- Kennenlernen von Basistechnologien im MM-Bereich
- Kennenlernen von Strukturen, Zusammenhängen und Abhängigkeiten für ausgewählte technische Schwerpunkte (Aufbereitung, Übertragung und Wiedergabe multimedialer Daten)

		IP-Telefonie	
Anwendungsschicht (application layer)		Transport- und Steuerungsprotokolle z.B. RTP, RTCP, RTSP	Mbone
Transportschicht (transport layer)	MM-spezifisch	Transport UDP u.a.	Multicast
Vermittlungsschicht (network layer)		Paketmultiplex mit Qualitätssicherung	
Sicherungsschicht (data link layer)		LAN / WAN	
Bitübertragungsschicht (physical layer)			

Abbildung 1.2-1: Einordnung und Beziehungen

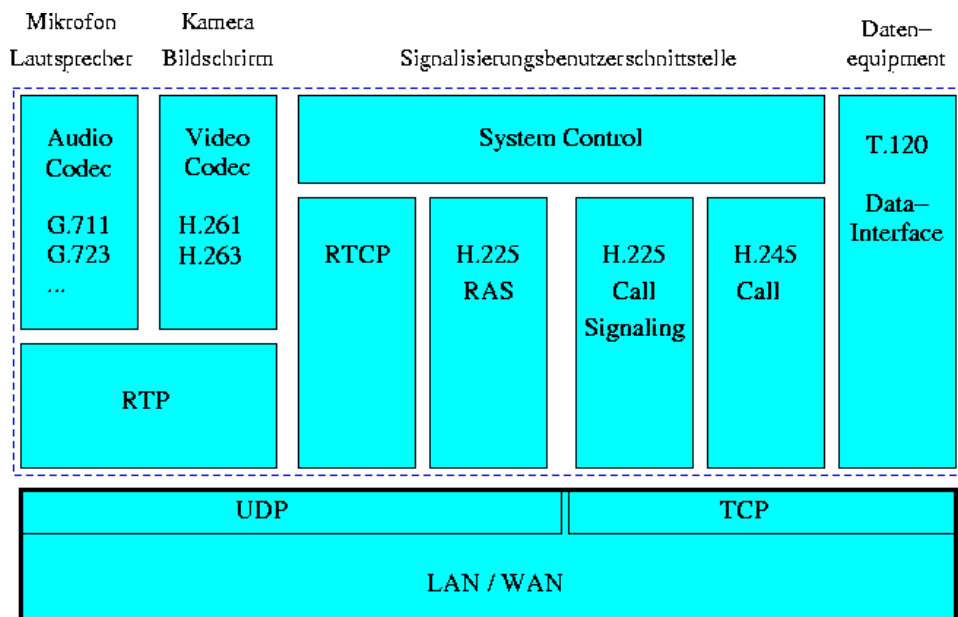


Abbildung 1.2-2: Rahmenempfehlung H.323 (wichtige Elemente)

Ziel

- Kompetenzerhöhung für Entwurf und Realisierung von verteilten MM-Systemen
 - Verständnis für systemtechnische Voraussetzungen
 - Kennenlernen der Möglichkeiten und Grenzen **einiger** verfügbarer Techniken und Lösungen
- Verbesserung der branchenübergreifenden Berufschancen von Informatikern in interdisziplinären Projektteams mit Nachrichtentechnikern, Schaltungstechnikern, Mathematikern, Physikern sowie Pädagogen, Designern u.a.
 - z.B. Telekommunikationsbranche: Trend zu Elektronik und Computernutzung
 - z.B. Studiotechnik: digitale Informationsverarbeitung

- z.B. Unterhaltungselektronik: digitale, optische Speichertechnik
- z.B. Verlage: elektronische Publikationen mit neuen Vertriebswegen (online)

1.3 Methodik

personell

- 2 Mitarbeiter des URZ, 3. Lehrauftrag
- kein Forschungsumfeld
- Berufserfahrung, Engagement und Interesse

Vernetzung

- keine inhaltlichen Überlappungen mit Wissens- und Erfahrungsgebieten anderer Fakultäten (IT, MBV)
- Bereicherung des Ausbildungsprofils Informatik durch Einbringen eigener Erfahrungen und Einschätzungen (besonders Basistechnologien und Kommunikationstechnik)

Voraussetzungen (des Auditoriums)

- Computertechnik: Rechnerarchitektur und Betriebssysteme
- Kommunikationstechnik: Rechnernetze, NW-Protokolle für Datentransport (TCP/IP)
- Mathematik, Physik: Hochschulreife

Vorlesungen

- Präsentation der Kapitel durch verantwortliche Mitarbeiter
- Erörterung von Problemen
- Formulierung von Erkenntnissen und Schlußfolgerungen
- Verweis auf Literatur und Übungsaufgaben

- Präsentationsmaterial ist entsprechend Arbeitsfortschritt im Web zugänglich

Übungen

- Voraussetzung: Lösungsansatz bzw. Teillösung als Hausaufgabe gemeinsame Erarbeitung der vollständigen Lösung, Auswertung
- Sammeln persönlicher Erfahrungen in Gruppenarbeit beim Arbeiten mit lehrveranstaltungsspezifischen Lösungen (Beratung durch beide Lehrkräfte im Poolraum mit speziellem Arbeitsumfeld - nur zur Veranstaltungszeit möglich)

Kommunikation

- Gruppenmailadresse (während des Semesters aktiv):

mmn03@tu-chemnitz.de

[\[mailto:mmn03@tu-chemnitz.de\]](mailto:mmn03@tu-chemnitz.de)

- Nutzungskonvention:
 - Kursteilnehmer können/sollen fachliche Inhalte austauschen
 - Lehrkräfte lesen mit und erkennen Probleme und Schwierigkeiten bzw. geben aktuelle Veranstaltungsinformationen bekannt

- Anmeldung:

- Email:

mmn03-join@tu-chemnitz.de

[\[mailto:mmn03-join@tu-chemnitz.de\]](mailto:mmn03-join@tu-chemnitz.de)

*Beachte: Nur Listenmitglieder dürfen mailen (Mail-
adresse!)*

– Webinterface:

<https://mailman.tu-chemnitz.de/mailman/listinfo/mmn03>

[\[https://mailman.tu-chemnitz.de/mailman/listinfo/mmn03\]](https://mailman.tu-chemnitz.de/mailman/listinfo/mmn03)

2 Grundlegende Betrachtungen zu Multimedia

2.1 Historischer Abriß

1945: Konzeption des Systems **Memex** (Erweiterung des menschlichen Geistes) durch den amerikanischen Wissenschaftler V. Bush

1965: erstmalige Verwendung des Begriffes **Hypertext** durch Ted Nelson

1976: die Architecture Machine Group am MIT macht den Vorschlag für ein **Multiple Media System**

1985: Eröffnung des MIT Media Lab durch Negroponte und Wiesner

1989: am CERN (Genf) wird das **World Wide Web** unter Leitung von Tim Berners-Lee und Robert Cailleau entwickelt

1992: erster Versuch eines **Mbone** Audio Multicast im Internet

1993: Entwicklung des Web-Browser **Mosaic** an der University of Illinois (NCSA)

1995: Multimedia wird zum Wort des Jahres in Deutschland

2.2 Begriffsklärungen

2.2.1 Grundlegende Zusammenhänge

Fehlschläge der Begriffsklärung auf

- rein linguistischem Weg (Sprachforschung), z.B. Etymologie
- rein technisch-physikalischer Basis, d.h. ausschließliche Betrachtung des technisch Machbaren (Überbewertung des Geräteaspektes)

Zwischenergebnis:

- brauchbare Begriffsklärung für **Medium** als
 - "Vermittlungsträger von Informationen" (*Horn/Kerner*)
 - "Informationsvermittler zwischen Quelle und Senke" (*Fluckiger*)

Schlußfolgerung:

- Notwendigkeit der Einbeziehung von Quelle und Senke in die Betrachtungen (Systemgedanke)
- Fragen:
 - Welche Quellen und Senken sind betrachtenswert ?
 - Welche Vermittlungsträger spielen eine Rolle ?
 - Welche Applikationen sollen betrachtet werden ?

Erklärungsfortschritt:

- ergibt sich unter Beachtung, daß Multimediasysteme (-applikationen) stets auf die Einbeziehung des Menschen und die Befriedigung seines Informationsbedarfs ausgerichtet sind
- d.h., Konzentration auf das Verhältnis Mensch - Information

Betrachtung der menschlichen Tätigkeits- und Erlebnisbereiche:

- Kommunikation
- Lernen
- Kooperation
- Informationsgewinnung
- Informationsselektion
- Unterhaltung

innerhalb dieser Bereiche ist der Mensch ein **multisensorielles System** (siehe Systemtheorie, auch Regelungstechnik), d.h. er kann über mehrere Sensoren gleichzeitig eine Vielzahl von Signalen aufnehmen, speichern und verarbeiten

- Sensororgane (Sensormodi): sehen, hören, fühlen, riechen, schmecken
- infolge zeitlicher Signaländerungen an diesen Organen entsteht der Informationsgewinn
(siehe Signaltheorie, auch Nachrichtentechnik)
- Beschränkungen des menschlichen Organismus:
 - Wahrnehmungsbereich der Sensoren (Entfernung, Auflösungsvermögen)

- Speicherumfang der Informationen
- Verarbeitungsgeschwindigkeit der Informationen
- (Langzeit)speicherfähigkeit der Information (Vergessen)
- Wunsch: Verschieben der Schranken, Erweiterung der Fähigkeiten durch technische Hilfsmittel, z.B.
 - Fernsehen und -hören (TV-Gerät, Radio, Telefon)
 - Verbesserung der Lerneffekte durch gleichzeitiges Ansprechen mehrerer Sensoren und Mehrfachansprechen eines Sensororgans (multimediale Geräte)

2.2.2 Medienklassifizierung

1) Wahrnehmungsmedium (Medientypen - immateriell)

- "Wie nimmt der Mensch die Informationen auf ?"

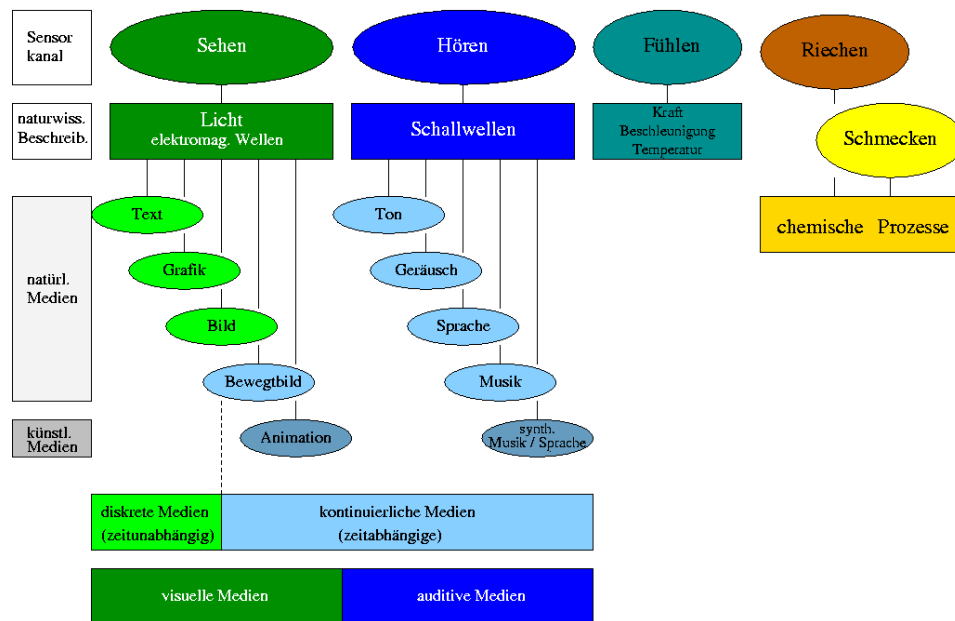


Abbildung 2.2-1: Wahrnehmungsmedien mit Strukturierung

2) Repräsentationsmedium

- "Wie wird die Information im technischen System kodiert ?"
 - Text als Bytefolge im ASCII-Code
 - Grafik nach dem CEPT-Standard in BtX
 - Bild als Faksimile der Gruppe 3

3) Präsentationsmedium

- "Über welche Hilferäte wird die kodierte Information im natürlichen Umfeld dargestellt oder aus der Wirklichkeit in die kodierte Form überführt ?"

- Papier, Bildschirm, Lautsprecher u.a. Ausgabegeräte
- Tastatur, Kamera, Mikrofon u.a. Eingabegeräte

4) Informationsaustauschmedium

- "Welcher Informationsträger wird zum Austausch der Information zwischen verschiedenen Orten verwendet?"
- **Speichermedium**
 - Mikrofilm, Papier, Diskette, Festplatte, CD-ROM
- **Übertragungsmedium**
 - Kupferkabel, Glasfaserkabel, Vakuum, Freiraum

2.3 Definitionen

engere Definition für Multimedia - computerbasiert (Steinmetz, 1993)

”Multimedia ist ein System (m.E. besser:technisches Fachgebiet), das durch rechnergesteuerte, integrierte Erzeugung, Manipulation, Darstellung, Speicherung und Kommunikation von unabhängigen Informationen gekennzeichnet ist, die in mindestens einem kontinuierlichen und (mindestens) einem diskreten Medium kodiert sind.”

- Interpretation:
 - Integration/Rechnersteuerung: Umwandlungszwang mit rechnerinterner Verarbeitbarkeit auf digitaler Basis
 - Medienkombination diskret + kontinuierlich
 - Unabhängigkeit der Medienarten: beliebige (einzelne) Verarbeitbarkeit und Kombinierbarkeit mit systemeigenen Fähigkeiten zur Mediensynchronisation
- Ausgrenzungen:
 - analoge Systeme, wegen fehlender Computerintegration (z.B. Videorecorder, Diaprojektor u.a.)
 - Computer als reiner Steuerrechner wegen fehlender interner Kodierung (z.B. CD-ROM-LW mit direkter Lautsprecherausgabe)
 - computerbasierte Anwendungen ohne kontinuierliches Medium (z.B. Lernprogramm mit Text und Bild)

erweiterte Definition für Multimedia - mit Unschärfen bei Realisierung und Funktionalität (Vaughan, 1994)

”Multimedia ist eine beliebige Kombination aus Text, Grafik, Ton, Animation und Video, die auf einem Rechner oder anderen elektronischen Gerät dargeboten wird.”

- Interpretation:
 - Verzicht auf rechnerinterne Speicherung und Verarbeitbarkeit, d.h. gravierende Funktionseinschränkung
 - Überbewertung des Präsentationsmediums

2.4 Arbeitsorientierung

2.4.1 Systemtechnik

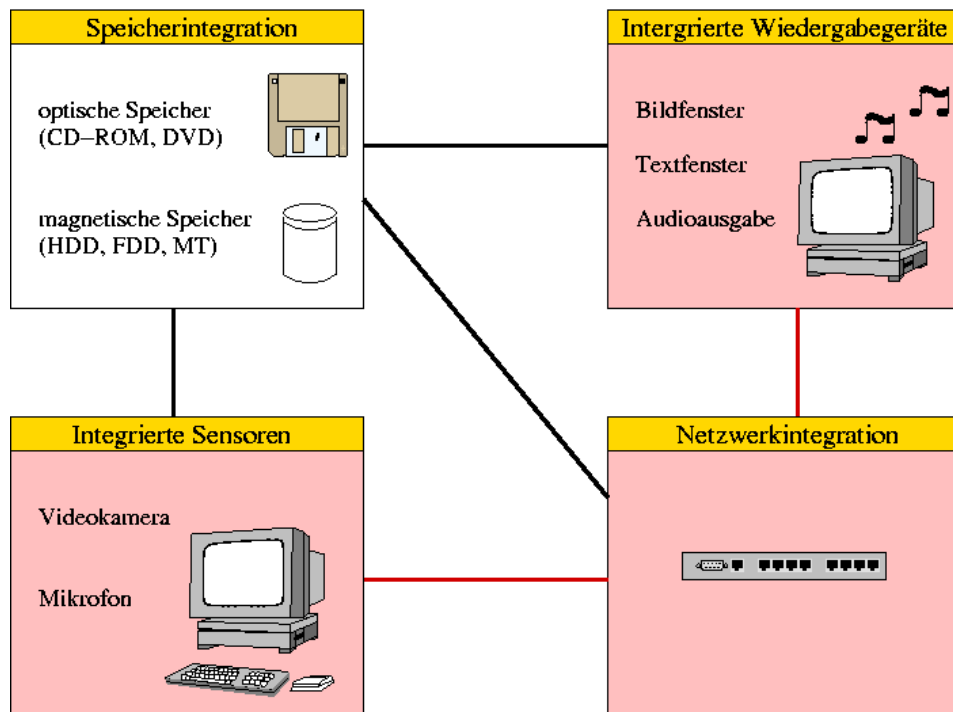


Abbildung 2.4-1: Komponenten verteilter Multimediasysteme

2.4.2 Applikationssystematik

- Anwendungsbeschreibung nach der Beziehung zwischen Mensch und System (Computer)

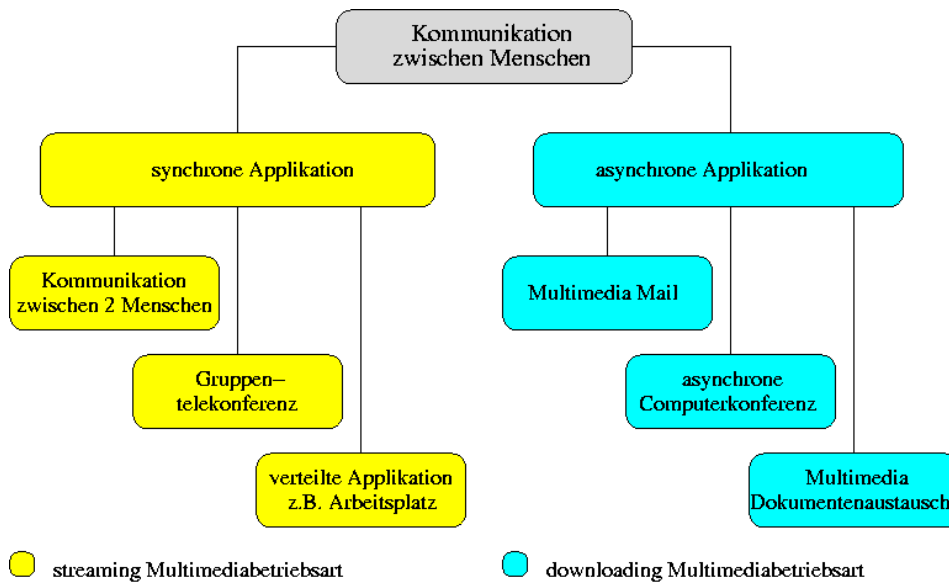


Abbildung 2.4-2: Mensch als Kommunikationspartner (Applikationsgruppe 1)

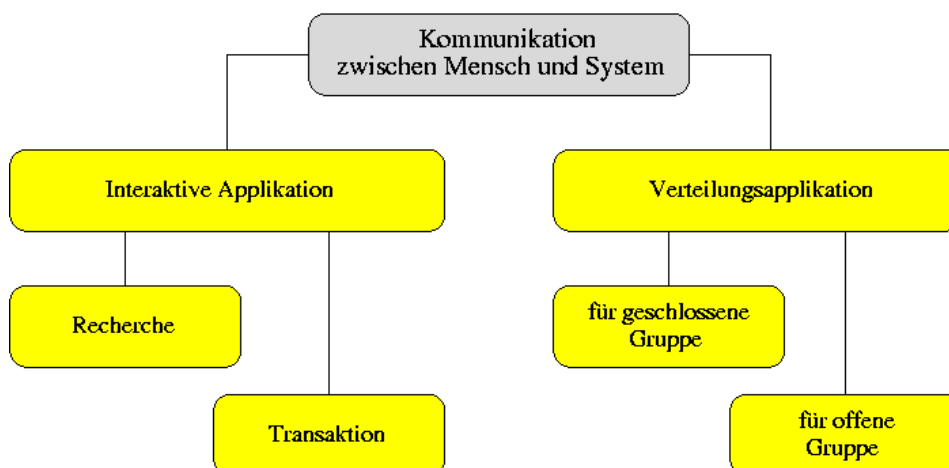


Abbildung 2.4-3: Mensch und System als Kommunikationspartner (Applikationsgruppe 2)

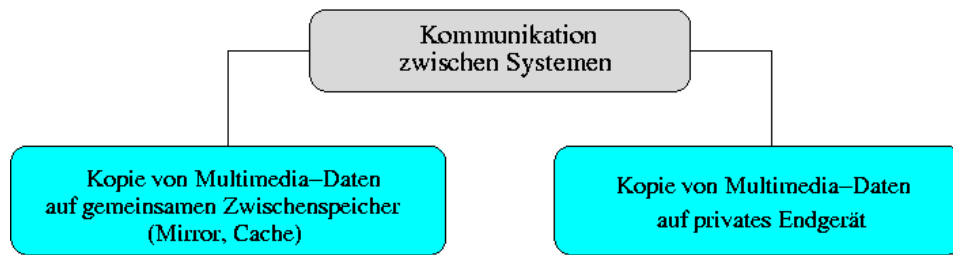


Abbildung 2.4-4: System als Kommunikationspartner (Applikationsgruppe 3)

- vergleichbar mit klassischer Datenkommunikation ist der Betriebszustand downloading (A3, A1) mit den Randbedingungen:
 - bitgenaues Kopieren (Qualitätserhalt der Information)
 - Kopierzeitpunkt und Kopierdauer weitgehend frei wählbar (Blockwiederholung zulässig)
- Unterschiede zur klassischen Datenkommunikation:
 - Notwendigkeit der Übertragung ungespeicherter Audio-/Videoinformationen (Aktualität), Zwang zur Echtzeitverarbeitung
 - Multicastübertragung (mit z.T. wechselnden Senderstandorten) bidirektional
 - Multicastübertragung unidirektional (Verteildienst)
 - z.T. nicht zeitlich determinierte Kommunikationsaktivitäten (beliebige Sitzungslänge mit beliebigen Inaktivitäten)
- Kommunikationsstrukturen

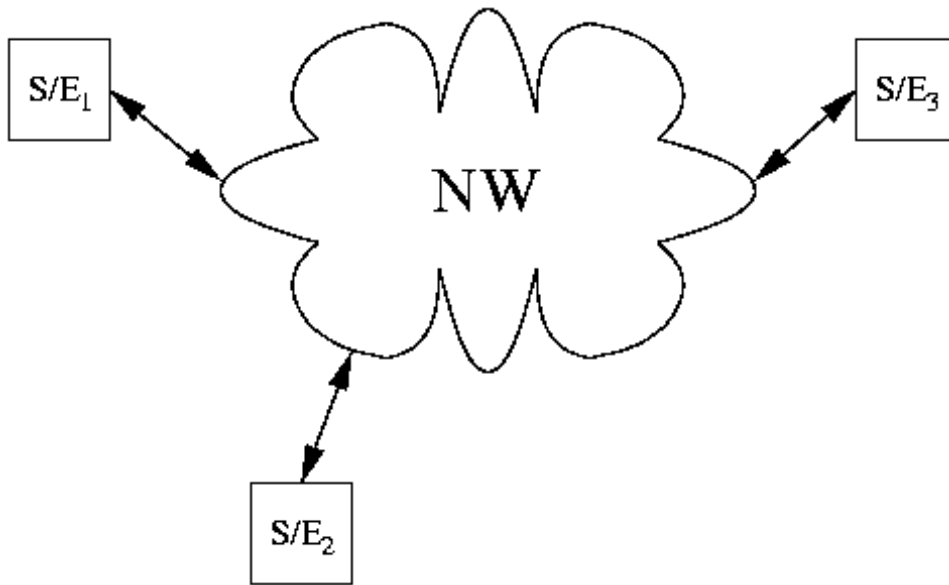


Abbildung 2.4-5: Netzwerk mit Konferenzsupport

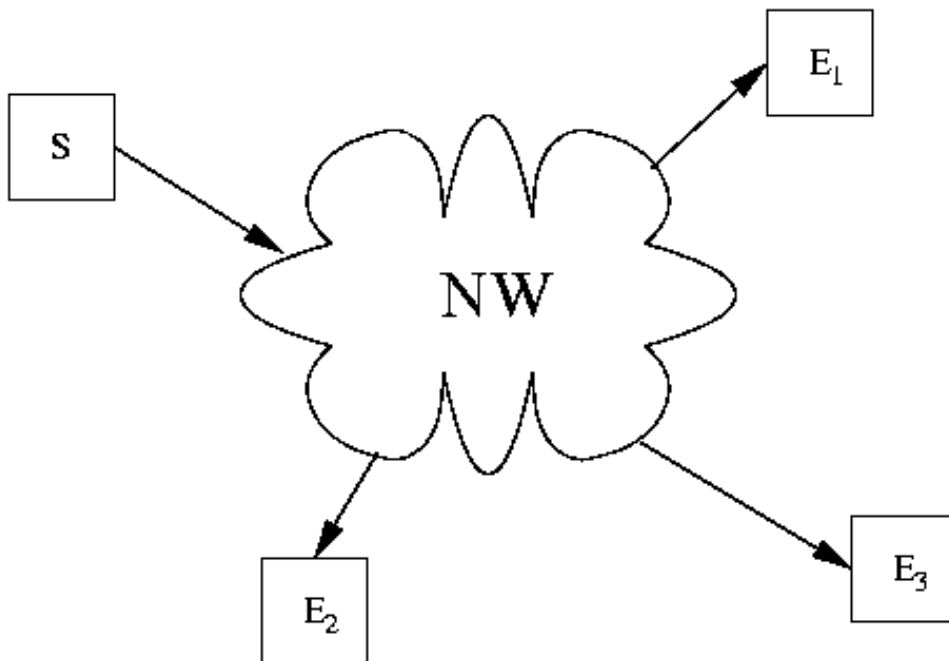


Abbildung 2.4-6: Netzwerk mit Verteilungsfunktionalität

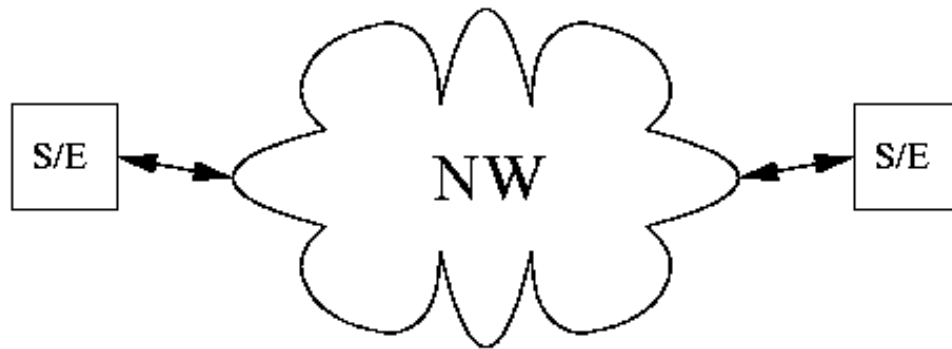


Abbildung 2.4-7: Netzwerk mit herkömmlicher Betriebsfunktionalität

Vertiefung:

Fluckiger, F.: Multimedia im Netz.
Prentice Hall, 1996

Steinmetz, R.: Multimediatechnologie
Grundlagen, Komponenten und Systeme
Springer Verlag, 2000

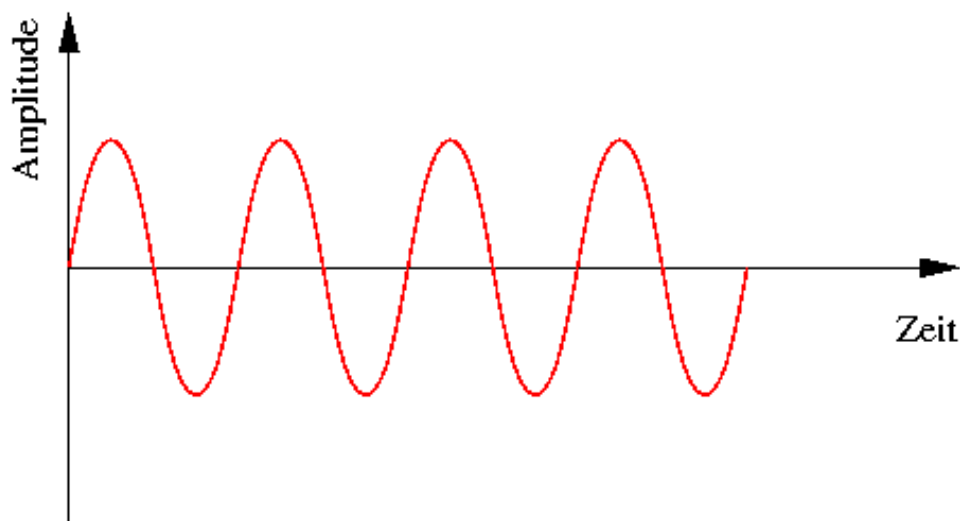
Vaughan, T.:
Multimedia: Making IT Work
Osborne McGraw-Hill, Berkeley, Kalifornien, 1994

3 Audio

3.1 Allgemeine Betrachtung

lateinisch: audire = hören

- periodische Luftdruckschwankungen empfindet das menschliche Ohr als Ton
- die Tonhöhe ergibt sich aus der **Frequenz**
- die Lautstärke wird durch die **Amplitude** beeinflusst



Tonhöhe:

- Hörbereich des menschlichen Ohres liegt zwischen 20Hz und 20kHz

3 Audio

- menschliche Sprache 0,3 bis 3.4kHz

Lautstärke:

- die Schallintensität wird als Leistung pro Fläche definiert (W/m^2)
- der Schallpegel ergibt sich aus 10 *dekadischer Logarithmus des Verhältnisses zweier Schallintensitäten (dB)

W/m²	dB	Beispiel
10^{-12}	0	Hörschwelle
10^{-10}	20	ruhige Wohnung
10^{-6}	60	Unterhaltung .. Orchester
10^{-2}	100	laute Musik
10^0	120	Donner .. Flugzeug
10^2	140	Schmerzgrenze

3.2 Digitalisierung

3.2.1 Pulse Code Modulation

- einfachste Methode der Digitalisierung eines analogen Signales
- häufig implementiertes Verfahren
- keine Festlegung auf speziellen Signaltyp
- trotzdem hauptsächlich für Sprachinformationen benutzt

Digitalisierungsschritte

- Abtastung (*sampling*)
- Quantisierung (*quantization*)
- Kodierung (*code-word-generation*)



Abbildung 3.2-1: Digitalisierungsprozeß

3.2.2 Abtastung

- **Abtastfrequenz** (*sampling rate*) (Hz)
- Abtasten eines analogen Signales in zeitdiskreten Schritten
- Folge analoger Abtastwerte



Abbildung 3.2-2: Abtastung

Nyquist-Theorem

Abtastfrequenz $\Rightarrow 2 * f$
 f = höchste vorkommende Frequenz

3.2.3 Quantisierung

- Auflösung (*code word*) (bit)
- Abbilden jedes einzelnen Abtastwertes auf Auflösungsschritte

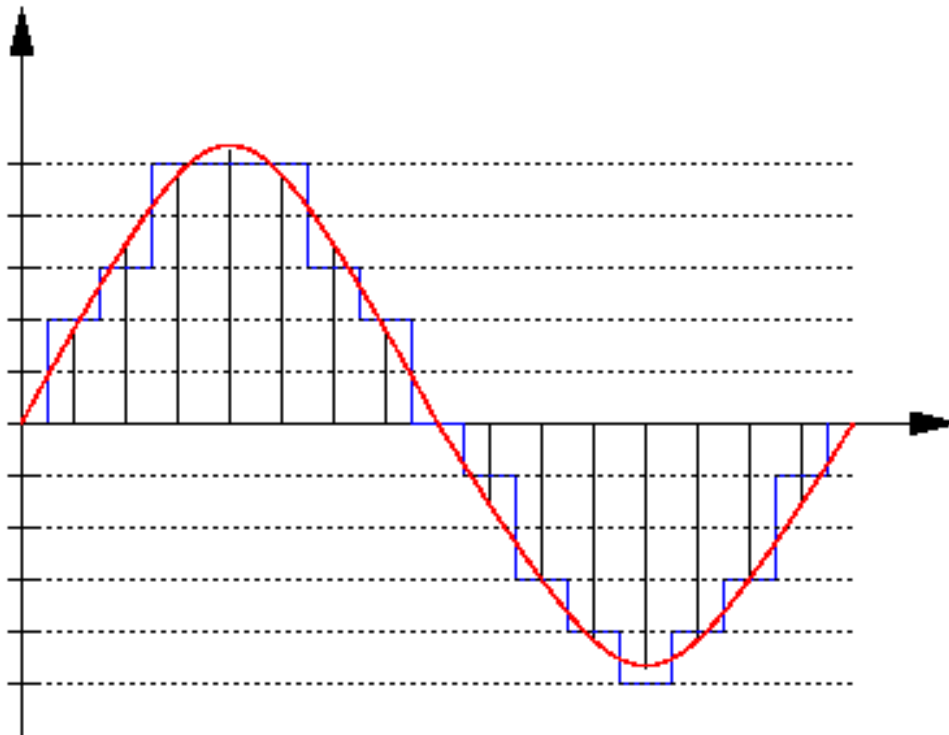


Abbildung 3.2-3: Quantisierung

Quantisierungsfehler

- Rundungsproblem bei geringer Signalpegeländerung
- Quantisierungsrauschen

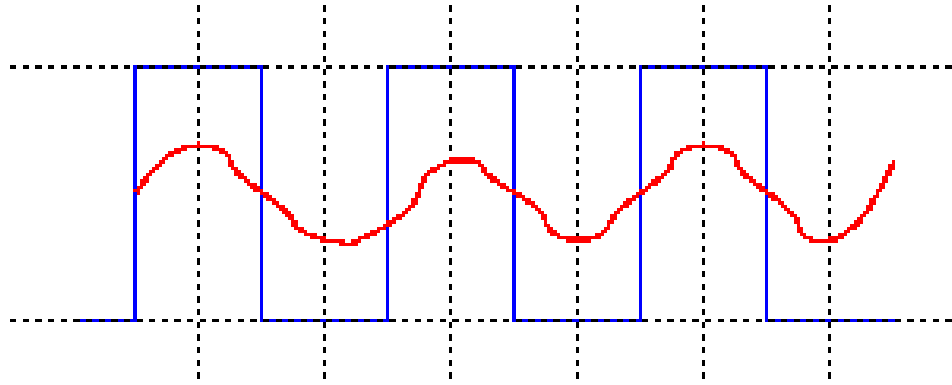


Abbildung 3.2-4: Quantisierungsfehler

3.2.4 Kodierung

A/D-Wandler (*coder*)

- Erzeugung von Bitfolgen (code-wort) aus Quantisierungswerten
- keine Betrachtung vorheriger Abtastwerte
- **Datenrate (*bit rate*)** (bps) ergibt sich aus der Abtastfrequenz (sampling rate) und der Auflösung

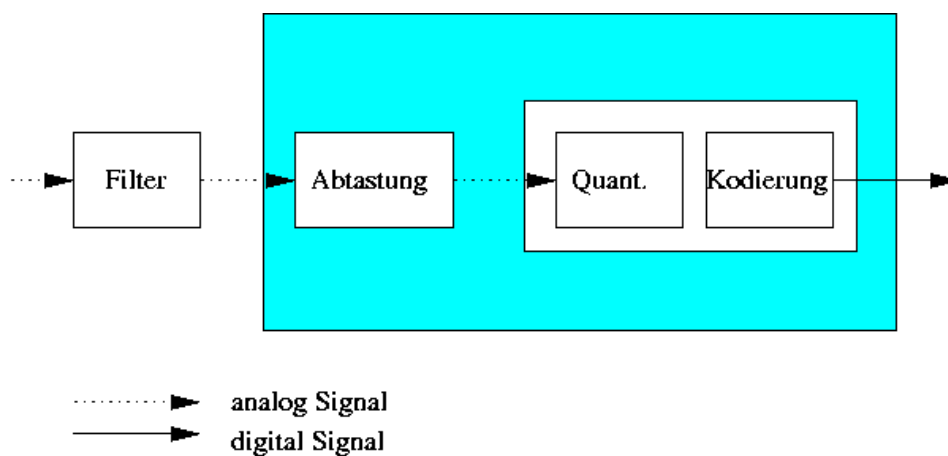


Abbildung 3.2-5: PCM A/D-Wandler

Hinweis!

Charakteristisch für PCM ist die Quantisierung jedes einzelnen Abtastwertes unabhängig von anderen Abtastwerten.

3.2.5 lineare und logarithmische Kodierung

lineare Kodierung

- entspricht skaliertem Abtastwert
- Werte sind vorzeichenbehaftet
- Vorzeichen durch Offset "ausgleichbar"

logarithmische Kodierung

- logarithmische Umsetzung der Abtastwerte
- vorzeichenbehaftet
- Sprache:
 - höhere Amplitude → tieferen Frequenzen → geringere Genauigkeit
 - kleinere Amplitude → höhere Frequenzen → größeren Genauigkeit
 - Signal-Rauschabstand
- Einsatz in digitaler Telefonie

Illustration

- 8 bit logarithmische Kodierung wird im Sprachbereich mit gleicher Qualität wahrgenommen, wie 14 bit lineare Kodierung

3.2.6 Digitale Telefonie

- ITU (International Telecommunications Union) **G.711**
- veröffentlicht: 11/88
- logarithmische Kodierung
 - μ -law Kodierung in Nordamerika und Japan
 - A-law Kodierung in Europa und einigen anderen Erdteilen
- Sprachfrequenzbereich 0,3-3,4kHz
- Abtastrate 8 kHz (alle $125 \mu\text{s}$)
- 8 bit code-word (256 Quantisierungsschritte)
- Datenrate 64 Kbps (ISDN)

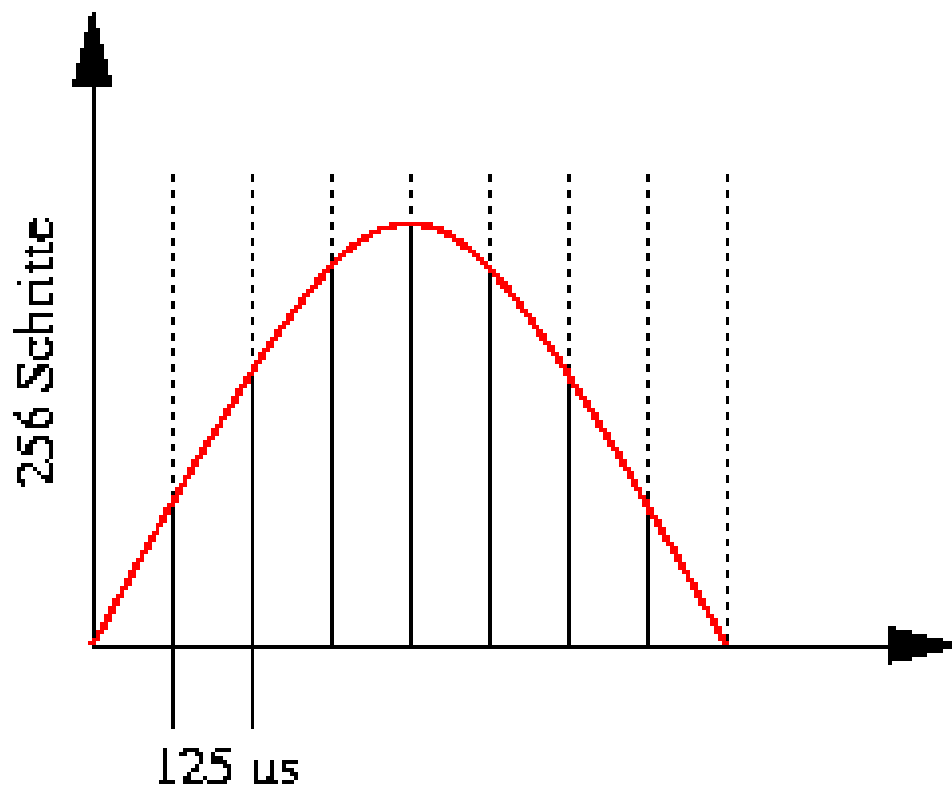


Abbildung 3.2-6: G.711

3.2.7 Audio-CD

- CD-DA Compact Disk Digital Audio
- unanfällig gegenüber Störsignalen / Rauschen
- fehlerfreie / verlustfreie Reproduzierbarkeit
- lineare Kodierung (für Musik besser geeignet)
- Abtastrate 44,1 kHz (alle $23 \mu\text{s}$)
- 16 bit code-word (65536 Quantisierungsschritte)
- 2 Kanäle
- Datenrate 1.411 Mbps

andere hochqualitative Audio-Standards

- DAT Digital Audio Tape
- Abtastraten 32, 44, 48 kHz
- 16 bit lineare Kodierung
- 12 bit nicht lineare Kodierung

3.3 Kompression

3.3.1 Begriffe und Einordnung

Motivation

- Audio-CD = 72 min unkomprimiert Stereo Musik
 - aber nur 30s unkomprimiertes Digital-TV
- 90 min Digital-TV (unkomprimiert) = 120 GB
- Digitalkamera mit 2.100.000 Pixel und 24 Bit Farbtiefe
 - unkomprimiertes Bild 6,3 MB

Einordnung

- **Entropy Kodierung** (*entropy encoding*)
- **Quellkodierung** (*source encoding*)

Entropy Kodierung (entropy encoding)	unabhängig von der Charakteristik/Semantik des Datenstromes	verlustfreie (lossless) Kompression
Quellkodierung (source encoding)	greift in die Charakteristik/Semantik des Datenstromes	verlustfreie (lossless) oder verlustbehaftete (lossy) Kompression

Abbildung 3.3-1: Einordnung in 2 Kategorien

verlustfreie Kompression

- verlustfreies, reversibles Kompressionsverfahren

3 Audio

- Datenstrom vor Kompression identisch zum Datenstrom nach der Dekompression
- binäre Daten, Programme
- Detailgetreue MM-Daten (Röntgenbilder)

verlustbehaftete Kompression

- irreversibles Kompressionsverfahren
- nach der Dekompression tritt ein gewisser Datenverlust gegenüber dem Originaldatenstrom auf
- Bildinformationen, Audio- und Videodaten

Hinweis!

Entropy Kodierung und Quellkodierung schließen sich gegenseitig **nicht** aus.

Im Bereich der digitalen Audio-, Bild- und Videoverarbeitung wird erst durch die Kombination beider Verfahren eine höchstmögliche Kompression erzielt.

Die Begriffe Entropy- und Quellkodierung haben sich verbreitet, obwohl es sich hier um Kompressionsverfahren handelt.

3.3.2 Entropy Kodierung

- unabhängig von Art und Natur des Datenstromes
- reversibel
- **verlustfreie Kompression (*lossless encoding*)**

Ersetzen periodischer Wiederholungen

- Null- oder Leerzeichenersetzung
 - Folge von Null- oder Leerzeichen ersetzt durch Flag+Anzahl

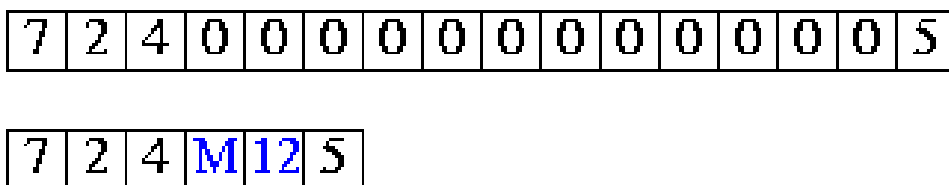


Abbildung 3.3-2: Beispiel: Null-Ersetzung

- Lauflängenkodierung
 - Folge gleicher Zeichen ersetzt durch Zeichen+Flag+Anzahl
 - mindestens 3 gleiche Zeichen

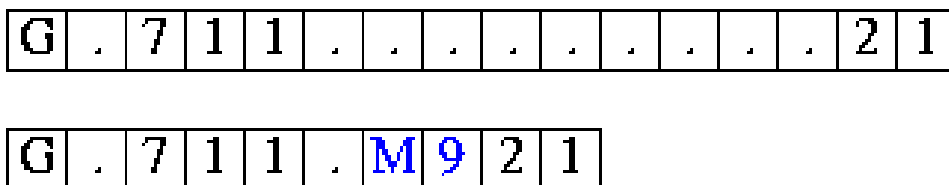


Abbildung 3.3-3: Beispiel: Lauflängenkodierung

statistische Kodierung

- Ersetzen von Wörtern
 - Beispiel: Kodierung wird durch *K ersetzt
- Huffmannkodierung
 - häufig vorkommende Zeichen/Bytes werden "mit weniger Bit" kodiert
 - Vorschrift im code-book gespeichert

3.3.3 Quellkodierung

- nutzt die Semantik des Datenstromes
- irreversibel
- **verlustbehaftete Kompression (*lossy encoding*)** oder verlustfreie Kompression

Transformationskodierung

- Mathematische Transformation des Datenstromes in abstrakten Wertebereich (reversibel)
- Fouriertransformation
- Komprimierung signifikanter Bereiche mit höherer Genauigkeit, "unwichtige" Bereich weglassen (irreversibel)
- Bildkompression mit DCT (Diskrete Cosinus Transformation)

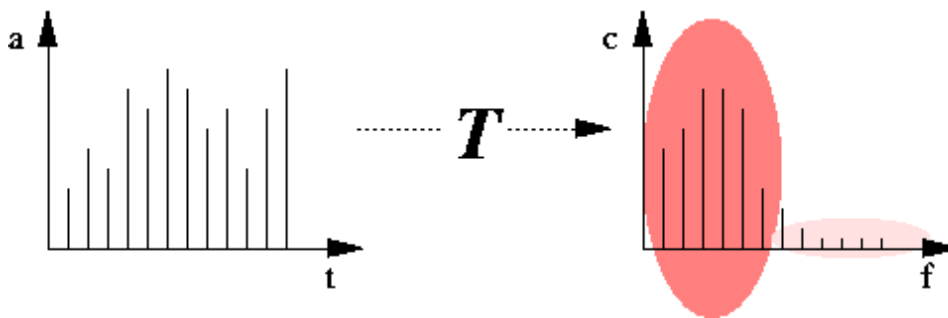


Abbildung 3.3-4: Prinzip der Transformationskodierung

Differentielle Kodierung

- Abtastwert wird durch Differenz zum vorhergehenden Wert repräsentiert

- ungeeignet für große Schwankungen
- **Differential Pulse Code Modulation (DPCM)**

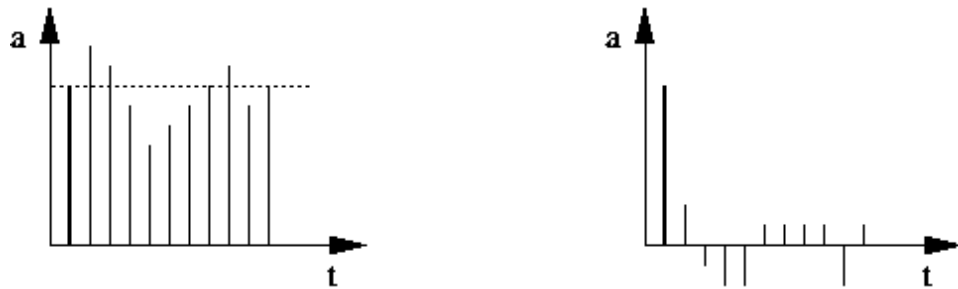


Abbildung 3.3-5: Beispiel: Differential Pulse Code Modulation

- **Adaptive Differential Pulse Code Modulation (ADPCM)**
 - aus Werteverlauf wird Vorhersage getroffen
 - Differenz zwischen Vorhersage und Abtastwert kodiert

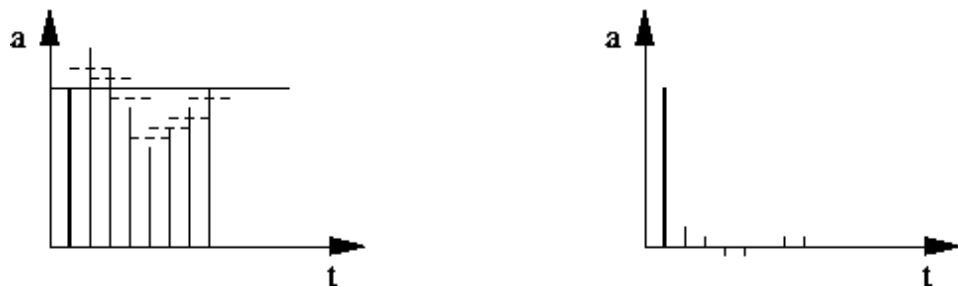


Abbildung 3.3-6: Beispiel: Adaptive Differential Pulse Code Modulation

Vektorquantisierung

- aufteilen des Datenstromes in gleiche Blöcke (Vektoren)
- Tabelle mit verschiedenen Mustern (code-book)
- jeden Vektor durch passendes Muster ersetzen

– Differenz zwischen Vector und Muster ?

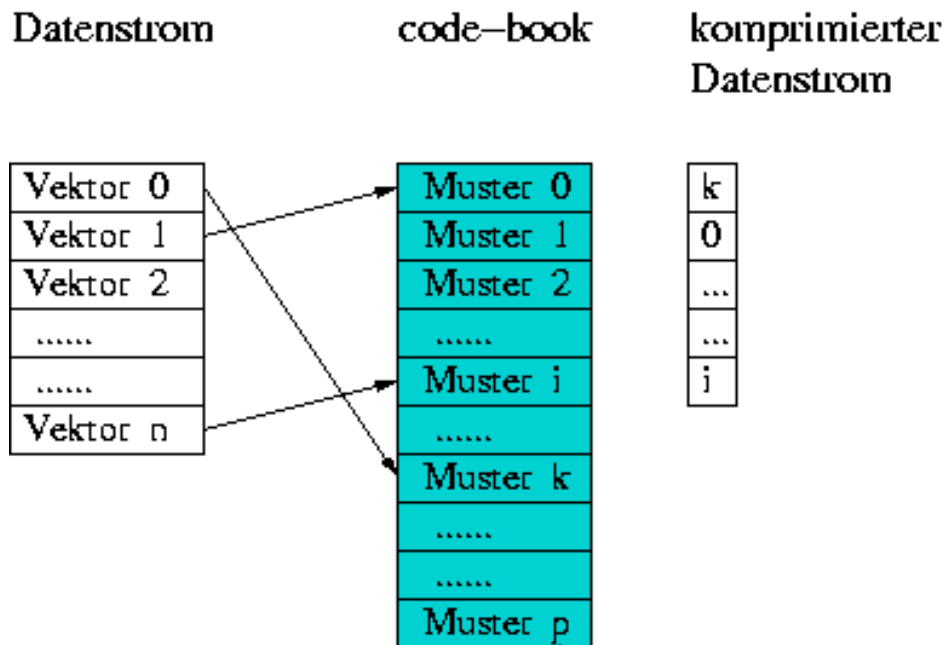


Abbildung 3.3-7: Beispiel: Vektorquantisierung

- Wie kann ein optimales code-book erstellt werden?
- Welche Algorithmen um passendes Muster zu finden?

3.3.4 Asymmetrische Verfahren

- Kompressionsprozeß häufig komplexer als Dekompression
- Verzögerung bei "vorhersagenden Algorithmen"
- Unproblematisch in nicht-interaktiven Anwendungen
 - Video-on-demand
 - MM-Anwendungen auf CDROM
- ungeeignet für interaktive Videokonferenzen

Wichtig!

Beachte Verzögerung durch Kompression / Dekompression in interaktiven Anwendungen!

3.3.5 Zusammenfassung

Übersicht

Entropy Kodierung	Ersetzen periodischer Wiederholungen	Null- oder Leerzeichenersetzung
		Laufängenkodierung
	statistische Kodierung	Ersetzen von Wörtern
		Huffmannkodierung
Quellkodierung	Transformationskodierung	Fourier-Transformation
		Diskrete Cosinus-Transformation
	Differentielle Kodierung	Differential Pulse Code Modulation
		Adaptive Differential Pulse Code Modulation
	Vektorquantisierung	Vektorquantisierung
		Fraktale Kompression

Abbildung 3.3-8: Einordnung wichtiger Kompressionsverfahren

3.4 Codecs

3.4.1 ITU Sprachstandards

ITU

- ITU (International Telecommunications Union) Genf/Schweiz
- Daten- und Fernsprechdienste
- Nachfolgeorganisation der CCITT (Comite Consultatif International Telegraphique et Telephonique)

Übersicht

G.711	64 Kbps	0.3-3.4 kHz	PCM	8 bit code word, 8 kHz Abta
G.721	32 Kbps		ADPCM	4 bit code word, 8 kHz Abta
G.722	48, 56, 64 Kbps	0.05-7 kHz	Subband ADPCM	
G.722.1	24, 32 Kbps			bei geringem Paketverlust
G.723	24, 40 Kbps		ADPCM	Erweiterung zu G.721, selten
G.723.1	5.3, 6.3 Kbps			
G.726	40, 32, 24, 26 Kbps		ADPCM	
G.728	16 Kbps	3.4kHz	LD-CELP	

Vertiefung:

[\[http://www.itu.int/\]](http://www.itu.int/)

3.4.2 ITU G.7xx Standards

G.721

- konvertiert 64 Kbps Datenstrom in 32 Kbps
- basiert auf ADPCM
- Differenz der Abtastwerte mit 4 bit kodiert
- Abtastfrequenz: 8 kHz

G.722

- Ziel: besser Qualität als G.711/G.721
- basiert auf Subband (SB-)ADPCM
- 14 bit code-word
- Abtastfrequenz: 16kHz
- Bandbreite: 50Hz - 7kHz

G.723

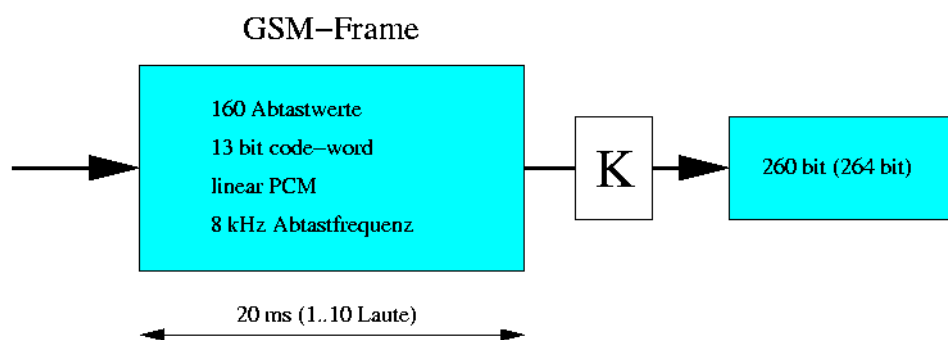
- 24 Kbps
- basiert auf ADPCM
- Qualität schlechter als G.711/G.722
- selten benutzt

G.728

- Bitrate: 16 Kbps
- Bandbreite: 3,4 kHz
- Verzögerung: <2 ms
- basiert auf Vektorquantisierung "low-delay code excited linear prediction" LD-CELP

3.4.3 GSM

- GSM (Global System for Mobile telecommunication) wird in Europa zur Sprachkompression in Mobiltelefonen benutzt
- spezifiziert durch ETSI (European Telecommunications Standards Institute)
- GSM 06.10 RPE-LTP (regular pulse excitation long-term predictor)



- $260\text{bit} / 20\text{ms} = 13\text{ Kbps}$ (13.2Kbps)

Vertiefung:

[\[http://www.etsi.org\]](http://www.etsi.org)

3.4.4 CELP

- CELP (code excited linear prediction)
- US Federal Standard 1016:
 - 4.8 Kbps
- US Federal Standard 1015:
 - vereinfachte Version von CELP, LPC (linear predictive coding)
 - LPC-10E 2.4 Kbps
- basiert auf Vektorquantisierung mit vordefinierten code-book
- Standard 1016:
 - Differenz zwischen Vektor abgetasteten Wert wird komprimiert und mit code-word übertragen
 - CELP entspricht einer Qualität von 32 Kbps ADPCM (G.721)

3.4.5 MPEG Audio

- MPEG (Moving Pictures Expert Group) ISO/IEC JTC1/Sub-Committee2
- Standards für digitales TV
- Audiokompression allgemein für Sound (nicht nur für Sprache!)
- MPEG-1 beschrieben in ISO 11172-3

Audiostandards

- Gruppe von Kompressionsalgorithmen
 - Layer-1
 - Layer-2
 - Layer-3
- Layer hierarchisch kompatibel

Kompressionsverfahren

- Datenstrom frame-orientiert behandelt
 - Layer-1: 384 Samples/Frame
 - Layer-2/3: 1152 Samples/Frame (44.1kHz Abtastrate: 1Frame = 26ms)
- Frequenzspektrum in 32 Subbänder aufteilen (FFT, DCT)
 - Layer-1: 32 x 625 Hz
 - Layer-3: Bänder ungleicher Breite

- Maskierung der Bänder mit psychoakustischen Modell
 - MUSICAM (Masking-pattern adapted Universal Subband Integrated Coding and Multiplexing)
 - ASPEC (Adaptive Spectral Perceptual Entropy Coding)
- Frage: Wie stark beeinflussen sich benachbarte Bänder?
- Kodieren der einzelnen Bänder nur, wenn Maskierungsschwelle überschritten

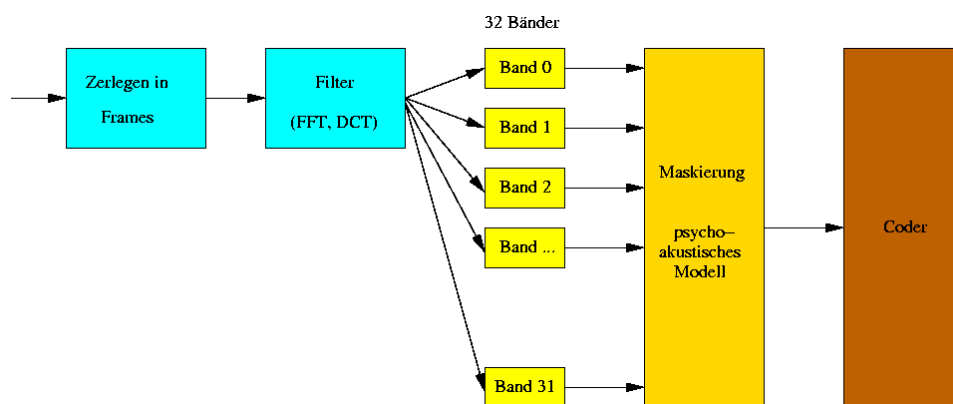


Abbildung 3.4-2: MPEG-1 Komprimierung

Paramter

- Bitraten: 32 .. 448 Kbps
- Abtastrate:
 - MPEG-1: 32, 44.1, 48 kHz
 - MPEG-2: zusätzlich 16, 22.05, 24 kHz
- Kanäle:
 - MPEG-1: 2 Kanäle

- MPEG-2: 5 Kanäle über 3Hz..20kHz + 1 Basskanal 3Hz..120Hz (AC3)
 - optimale Bitraten:
 - Layer-1: vereinfachtes MUSICAM, 192 .. 256 Kbps
 - Layer-2: MUSICAM, 96 .. 128 Kbps
 - Layer-3: MUSICAM + ASPEC, 64 Kbps
 - **Variable Bitraten (VBR)** möglich
 - alternativ bei diversen Hardwaredecodern **Konstante Bitraten (CBR)** erforderlich
-

Vertiefung:

[\[http://www.iso.org\]](http://www.iso.org)

[\[http://mpeg.telecomitalialab.com/\]](http://mpeg.telecomitalialab.com/)

3.4.6 Ogg Vorbis

Ogg Vorbis

- **Ogg** als Containerformat für Multimediadaten
- **Vorbis** als verlustbehafteter Audiokompressionsalgorithmus
- Open Source- und patentfreier Codec
- vergleichbar zu MPEG-1 Layer 3, MPEG-4 Audio (AAC, Twin VQ)
- prinzipielle Funktionsweise:
 - Datenstromzerlegung in individuelle, überlappende Pakete
 - Filter: MDCT (Modified Discrete Cosine Transform)
 - Maskierung: psychoakustisches Modell
 - Bitkodierung: Huffman

Parameter

- optimale Bitraten: 16 .. 128 Kbps (uneingeschränkte Spezifikation)
- Abtastrate: 44.1 .. 48 kHz
- Kanäle: mehrkanalig (256)
- variable Bitraten
- Überführung in kleinere Bitrate direkt möglich

Vertiefung:

[\[http://www.vorbis.com/\]](http://www.vorbis.com/)

[\[http://www.xiph.org/ogg/vorbis/\]](http://www.xiph.org/ogg/vorbis/)

4 Video

4.1 Allgemeine Betrachtung

Licht

- elektromagnetische Wellen
- Wellenlänge (sichtbares Licht): 250nm .. 780nm
- **monochromatisches Licht** (*monochromatic*):
 - eine Wellenlänge
 - in der Natur kaum vorhanden
- **spektrale Verteilung** (*spectral distribution*):
 - Praxis
 - menschliches Auge kann verschiedene Wellenlängen gut unterscheiden
 - Farbempfindung

menschliches Auge

- farbenblinde, aber empfindlichere Stäbchen
- farbempfindliche Zapfen
- Empfindlichkeit gegenüber gelb-grün größer als rot-violett

Luminanz

- **Luminanz (*luminance*)** einer Lichtquelle oder eines beleuchteten Objektes ist keine physikalische Eigenschaft der Lichtquelle oder des Objektes
- wahrgenommener Gesamteindruck des Betrachters eines Objektes oder einer Lichtquelle bzw. einer Szene aus verschiedenen beleuchteten Objekten und Lichtquellen
- Helligkeitswahrnehmung

Farben

- **Farben (*colors*)** sind nur Empfindungen und keine physikalische Eigenschaft der betrachteten Objekte
- Farben können nicht gemessen werden, aber wir vergleichen
- verschiedene Modelle zum "herstellen" von Farben
- CIE (Internationale Beleuchtungskommision) definiert RGB-Modell (additives Farbmodell)

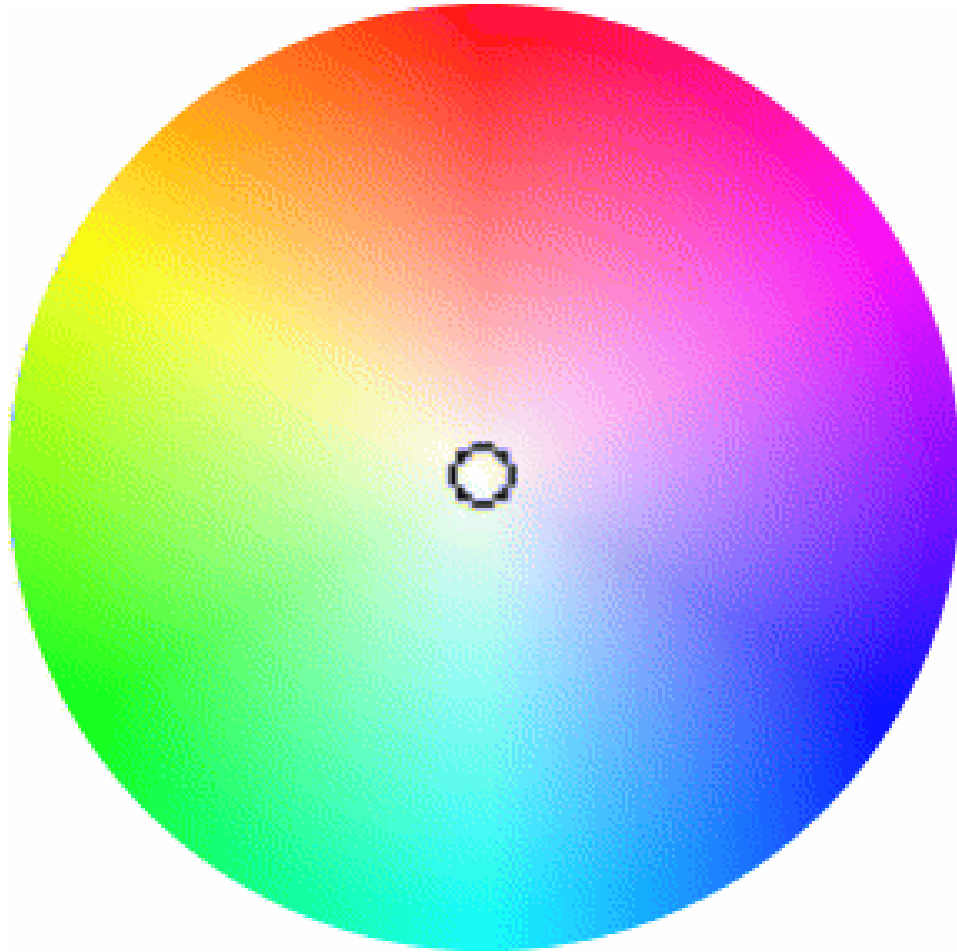


Abbildung 4.1-1: Farbkreis

Hinweis!

Nicht jede Farbe kann durch additive Mischung der 3 Primärfarben Rot, Grün und Blau hergestellt werden.

Farbumfang

- **Gamut** bezeichnet die Gesamtzahl Farben, welche ein Gerät produzieren kann
- Farbmonitor (24Bit) vs. Farbdrucker

4.2 Videosignale

4.2.1 Analogeameratechnik

Analoge TV-Kamera

- Videosignale werden als 3 einzelne, kontinuierliche Signale dargestellt
- je ein Farbsignal für die Komponenten: Rot, Grün, Blau - RGB
- jedes Farbsignal repräsentiert die Intensität der jeweiligen Farbe

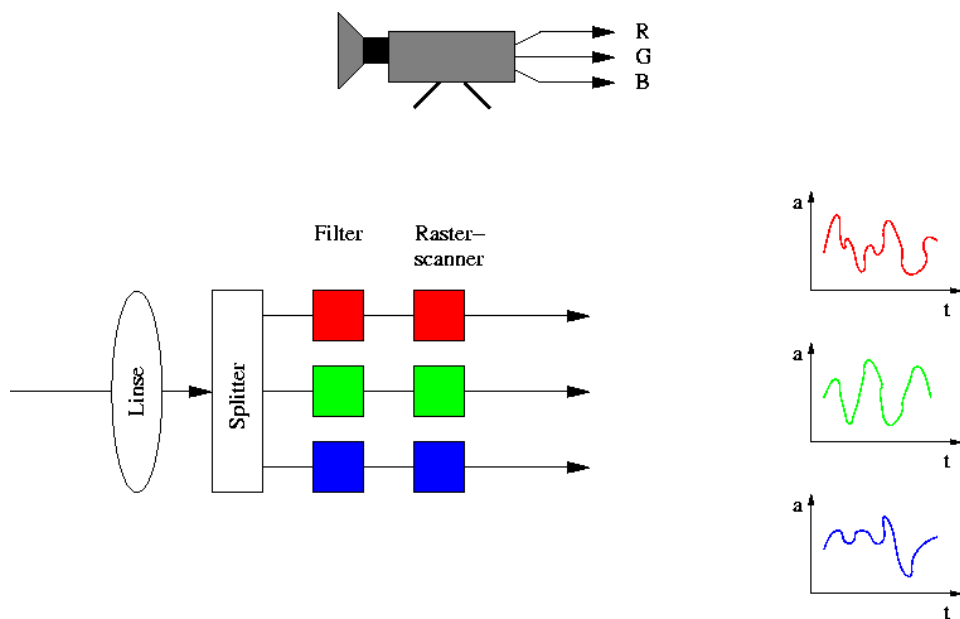


Abbildung 4.2-1: analoge TV-Kamera

Luminanz und Chrominanz

Die Darstellung einer Farbe (bzw. eines Bildes) wird in den 3 Primärfarben rot, grün und blau repräsentiert. Diese Technik nutzen

TV-Kameras und Monitore.

Für die Weiterverarbeitung und Übertragung der Videosignale erfolgt eine Transformation.

- Transformation in 1 Luminanzsignal und 2 Farbsignale
- Warum:
 - "menschliches Sehen" ist empfindlicher gegenüber Helligkeit als Farben
 - Farbinformationen mit geringerer Genauigkeit übertragen/reproduzieren
 - geringe gegenseitige Beeinflussung der 3 Farbsignale

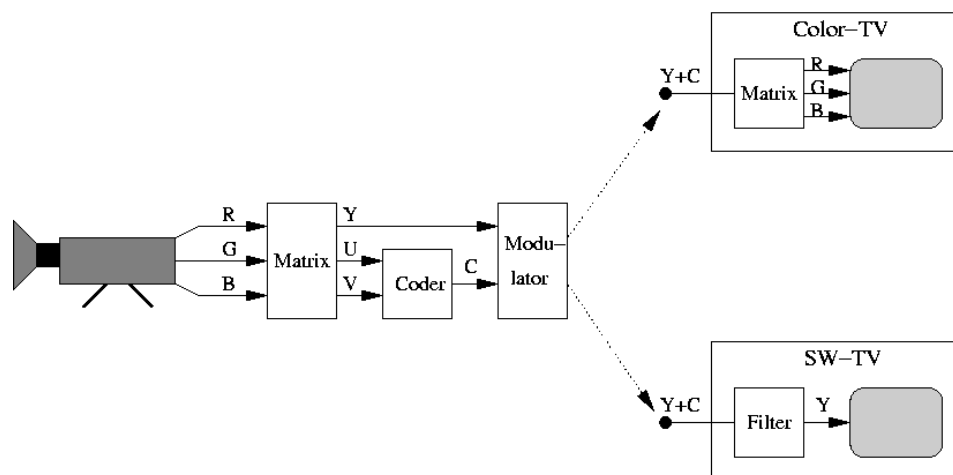


Abbildung 4.2-2: analoge TV

- Technik entspricht dem heutigen Farb-TV, rückwärtskompatibel mit SW-TV
- Luminanz: **Y**
- Farbdifferenzsignale **U**, **V** (PAL) oder **I**, **Q** (NTSC) werden aus einzelnen Farbsignal und Luminanzsignal **Y** berechnet

- **Chrominanz:** lineare Kombination aus 2 Farbdifferenzsignalen

TV-Standards

NTSC

$$Y = 0.30R + 0.59G + 0.14B$$

$$I = 0.74(R-Y) - 0.27(B-Y)$$

$$Q = 0.48(R-Y) + 0.41(B-Y)$$

PAL

$$Y = 0.30R + 0.59G + 0.11B$$

$$U = 0.493(B-Y)$$

$$V = 0.877(R-Y)$$

4.2.2 Digitaleameratechnik

CCD Bildsensor

- CCD (*charge coupled device*)
- Bildinformationen als digitaler Datenstrom

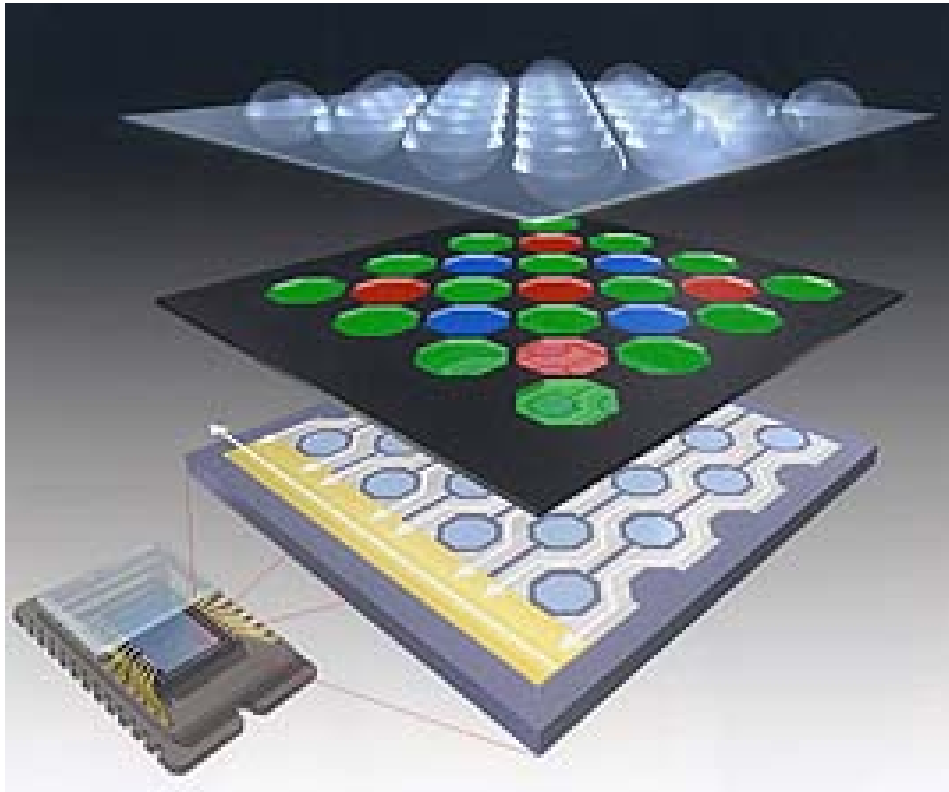


Abbildung 4.2-3: CCD-Chip (Quelle: Fujifilm)

- jede Zelle kann nur Helligkeitsinformationen aufnehmen (farbenblind)
- Farbdarstellung durch überlagertes RGB-Filter
- "Software"-Interpolation der Farbwerte
 -> trotz gleicher Chips unterschiedliche Bildqualitäten

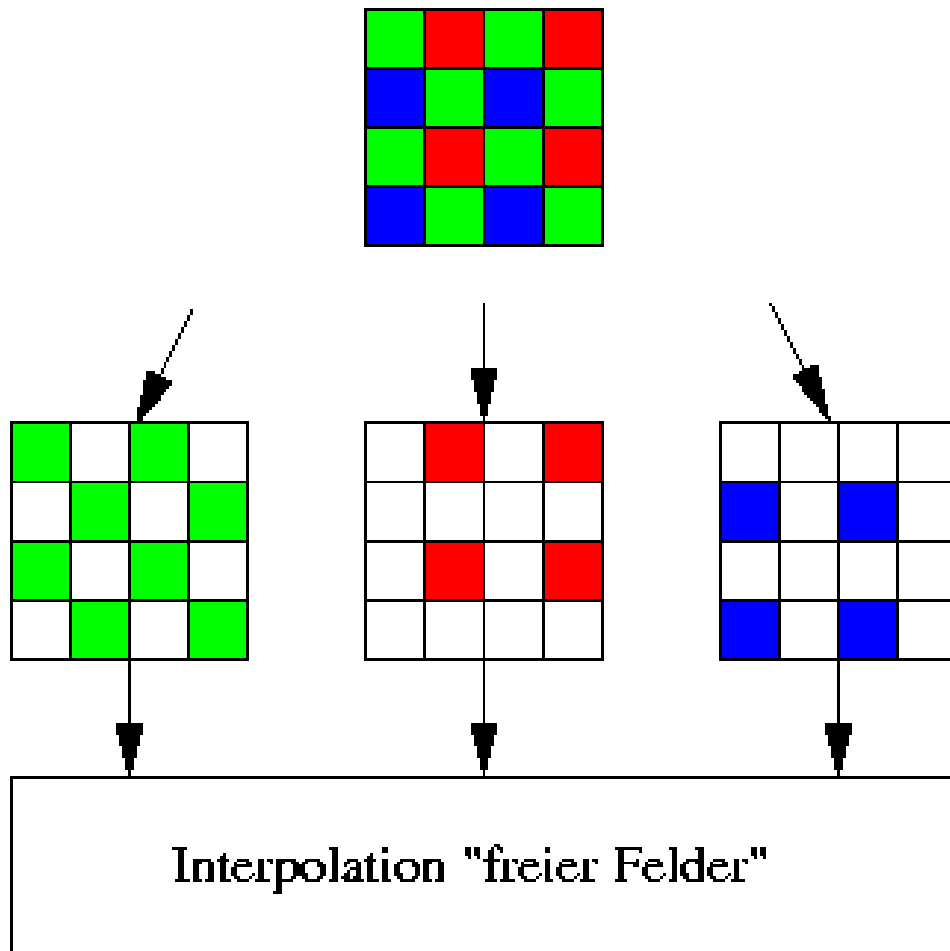


Abbildung 4.2-4: Farbinterpolation

CMOS Bildsensor

- CMOS (*complementary metal oxide semiconductor*)
- Funktion analog CCD-Bildsensor
- Integration von Bildsensor und Logik auf einem Chip
- erheblich preisgünstigere Herstellung
- geringerer Stromverbrauch

- neigen zu verrauschten Bildern

PixelShift (JVC)

- 2 Einzelbilder (innerhalb kürzester Zeit)
- Verschiebung des RGB-Filters um 1 Pixel
- Interpolation:
 - vollständige Information für Grünwerte
 - Rot und Blau jeweils 50% interpoliert

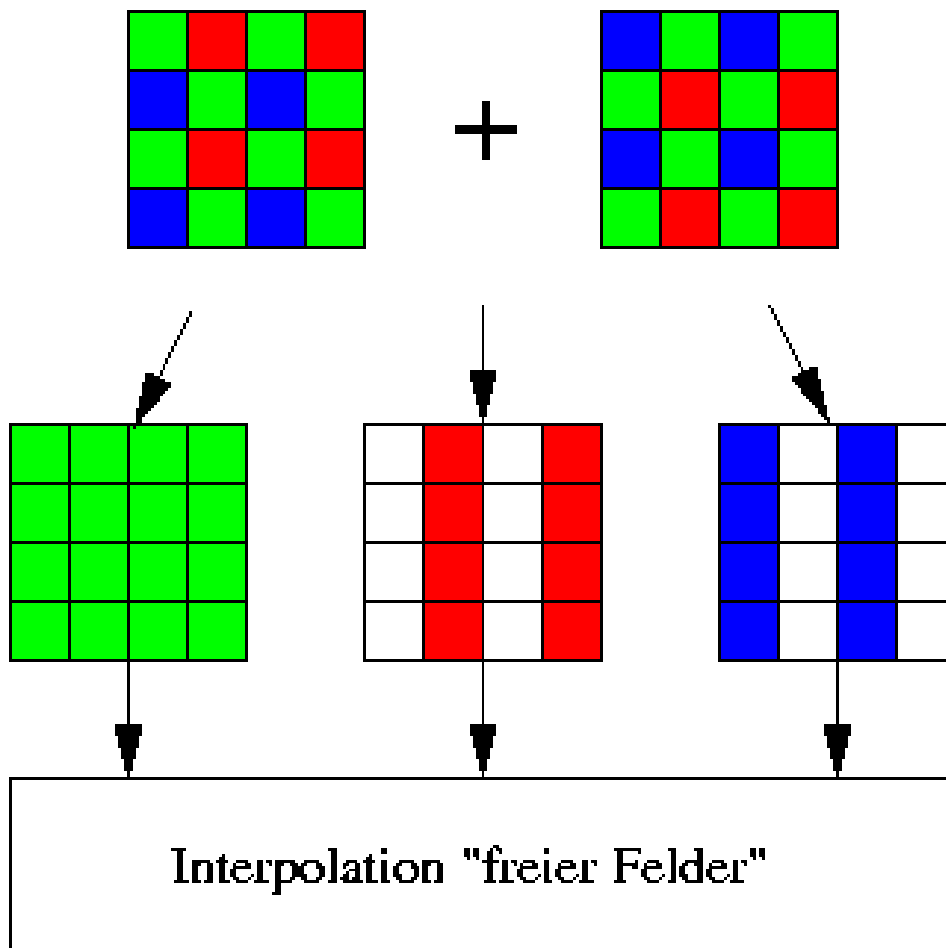


Abbildung 4.2-5: PixelShift Technologie

4.3 Subsampling (digital TV)

4.3.1 Begriff

Was ist Subsampling

- im Bereich der digitalen Video- und TV-Technik
- Prinzip der Transformation RGB \rightarrow YUV aus dem Bereich analog TV
- Ziel:
 - Reduzierung des Datenstromes
 - Speicherkapazität
 - Übertragungsbandbreite

Technik

- Ausnutzung der Eigenschaft des "menschlichen Sehens" Helligkeit - Farben
- verschiedene Abtastfrequenzen für Luminanzwerte \mathbf{Y} und Farbdifferenzwerte \mathbf{C}_d
- Verhältnis der Abtastfrequenzen ist ganzzahlig (Kompatibilität der Standards)

\mathbf{Y} Abtastrate : \mathbf{C}_{d1} Abtastrate : \mathbf{C}_{d2} Abtastrate

4.3.2 TV-Qualität (digital TV)

- ITU-R 601
- Luminanzsignal Y und 2 Farbdifferenzsignale C_r und C_b
- $C_r = (R - Y)$; $C_b = (B - Y)$
- PAL:
 - 720 Abtastpunkte/Zeile
 - 576 Zeile/Bild
- Subsamplingrate: **4 : 2 : 2**
- 33% Datenreduktion
- Bildqualität nur unmerklich beeinflusst
- Bildübertragung erfolgt in 2 Halbbildern (halbe Zeilenanzahl)

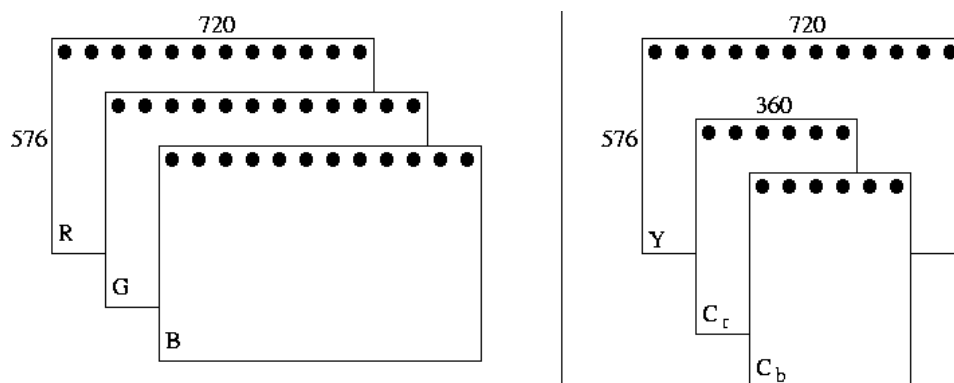


Abbildung 4.3-1: Subsampling ITU-R 601 (PAL-Standard)

- NTSC:
 - 720 Abtastpunkte/Zeile
 - 486 Zeile/Bild

4.3.3 Standard Videokonferenz

- ITU-TS H.261
- **Common Intermediate Format (CIF):**
 - 352 Abtastpunkte/Zeile
 - 288 Zeile/Bild
- Subsamplingrate: **4 : 1 : 1**
- 50% Datenreduktion
- Videokanal 100 - 300 Kbps

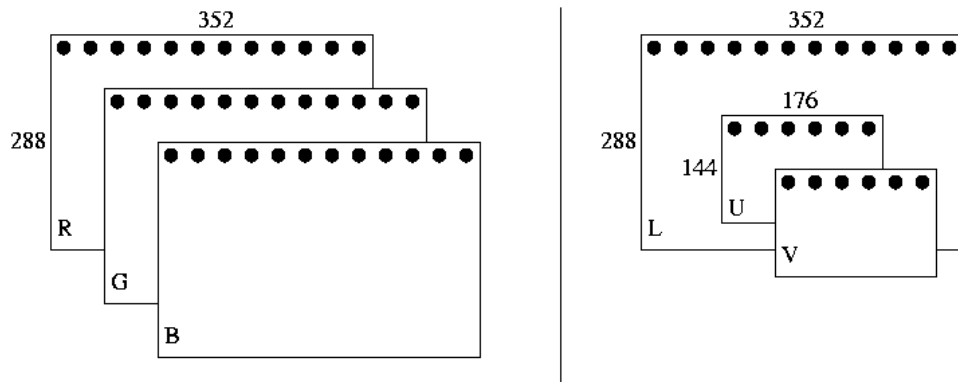


Abbildung 4.3-2: Subsampling ITU-TS H.261 (CIF)

- **Quarter-Common Intermediate Format (QCIF):**
 - 176 Abtastpunkte/Zeile
 - 144 Zeile/Bild
- **Super-CIF:**
 - 704 Abtastpunkte/Zeile
 - 576 Zeile/Bild

4.3.4 Video-CD (MPEG-1)

- abgeleitet von ITU-R 601
- **Standard Interchange Format (SIF):**
 - 352 Abtastpunkte/Zeile
 - 288 (240 NTSC) Zeile/Bild
- Subsamplingrate: **4 : 1 : 1**
- entspricht Qualität VideoCD, CD-I

4.4 Kompression

4.4.1 JPEG (Übersicht)

JPEG Standard

- Joint Photographic Expert Group (ISO/IEC JTC1/Sub-Committee 2)
- in Zusammenarbeit mit ITU-TS
- Kompressionsstandard für Graustufen und Farbbilder
- Kombination aus
 - Diskrete Cosinustransformation
 - Quantisierung
 - Lauflängenkodierung
 - Huffmannkodierung
- Kompression verlustfrei oder verlustbehaftet

Kategorisierung

- **Schwarz/Weiß Zeichnungen (*bi-tonal image*)**
 - gedruckter Text, Skizzen, technische Zeichnungen
 - Kompression:
 - * T.4, T.30: Class 3 fax (POTS)
 - * T.6: Class 4 fax (ISDN)
 - * JBIG: ISO-Standard für grosse Bilder
- **Graustufen und Farbbilder (*continuous-tone image*)**
 - Fotos, ...

4 JPEG-Modi

JPEG ermöglicht eine große Auswahl Bildqualitäten. Einstellungen werden als Parameter dem Kodierer übergeben.

- Sequentielle Kodierung
 - einfachster Modus
 - einfache Abtastung (links → rechts und oben → unten)
 - verlustbehafteter Modus
- Progressive Kodierung
 - Kodierung (Abtastung) in mehreren Schritten
 - Dekodierung (Bildaufbau) in mehreren Schritten (grob → fein Darstellung)
 - verlustbehafteter Modus
- verlustfreie Kodierung
 - reversibler Kodierungs- und Dekodierungsprozess
- Hierarchische Kodierung
 - enthält mehrere Auflösungen (einzeln dekomprimierbar)

Vertiefung:

[\[http://www.jpeg.org/\]](http://www.jpeg.org/)

4.4.2 JPEG (sequentielle Kodierung)

Verarbeitungsschritte

JPEG Kompressionsprozess, Dekompression in umgekehrter Reihenfolge

- Aufbereitung der Datenblöcke
- Quellkodierung
 - Diskrete Cosinustransformation (forward DCT, inverse DCT)
 - Quantisierung
- Entropykodierung
 - Lauflängenkodierung
 - Huffmannkodierung

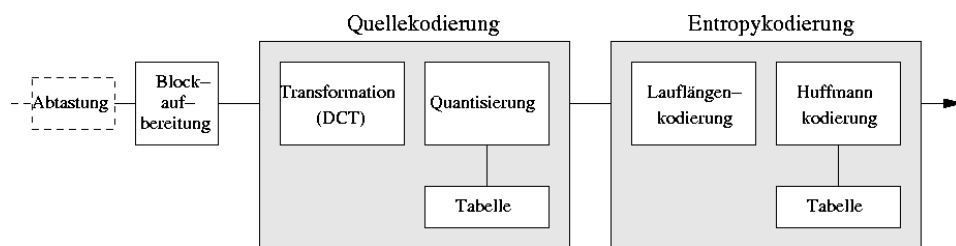


Abbildung 4.4-1: JPEG Verarbeitungsschritte (sequentieller Modus)

Block Aufbereitung

- Graustufen oder Farbbilder unterschiedlicher Größe
- unterschiedliche Repräsentation der Farbkomponenten (RGB, YUV, YC_rC_b)
- Subsamplingrate unbekannt

- DCT deshalb nicht auf gesamtes Bild anwenden, sondern definierte **8 x 8** Blöcke
- nicht überlappende Anordnung

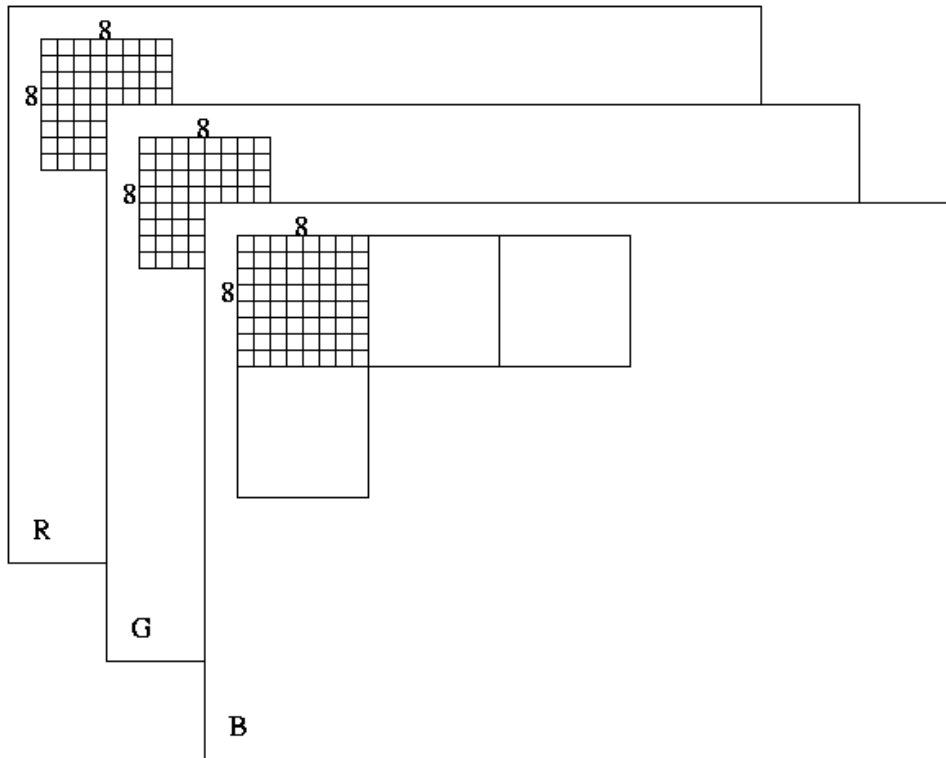


Abbildung 4.4-2: Blockaufbereitung (RGB-Bild)

Diskrete Cosinus Transformation

- Umwandlung der räumlichen Darstellung in eine Frequenzdarstellung
- jeder Block repräsentiert 64 Abtastwerte (Amplitude) $\mathbf{a} = \mathbf{f}(\mathbf{x}, \mathbf{y})$
- DCT $\mathbf{c} = \mathbf{g}(\mathbf{F}_x, \mathbf{F}_y)$

- \mathbf{c} repräsentiert für jeden Abtastpunkt einen DCT-Koeffizienten (Frequenz als Maß für Änderungen)
- $\mathbf{g(0,0)}$ wird als DC-Koeffizienten bezeichnet (Maß für den Durchschnitt der Abtastwerte)
- bis jetzt theoretisch verlustfrei

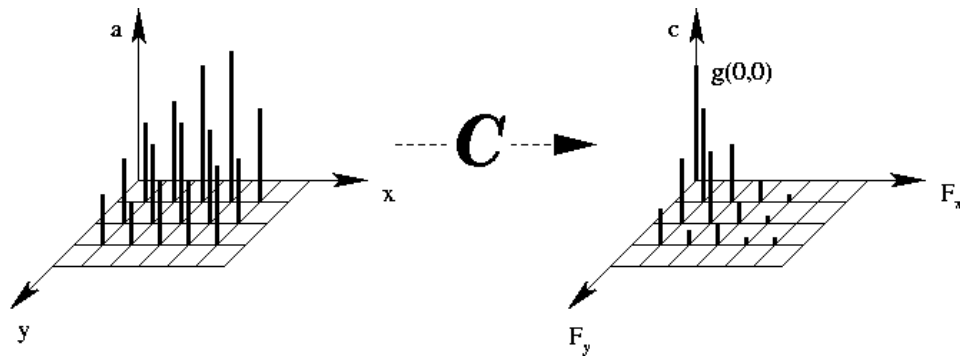


Abbildung 4.4-3: Transformation: Amplituden \rightarrow Frequenzen

$$S_{ji} = \frac{1}{4} c_i c_j \sum_{x=0}^7 \sum_{y=0}^7 S_{yx} \cos \frac{(2x+1)i\pi}{16} \cos \frac{(2y+1)j\pi}{16}$$

$$c_i, c_j = \frac{1}{\sqrt{2}} \text{ for } i, j = 0; \text{ else } c_i, c_j = 1$$

Abbildung 4.4-4: forward DCT

Quantisierung

Basis des Quantisierungsschrittes sind psychophysische Eigenschaften des menschlichen Sehens. Unscharfe Kanten werden weniger kritisch wahrgenommen als Fehler in der Helligkeitswahrnehmung.

- zentraler Teil der JPEG-Kompression

- jeder DCT-Koeffizient wird durch zugehörigen Wert der Quantisierungstabelle geteilt
- Quantisierungstabelle:
 - Wertebereich 1 .. 255
 - 1 - DCT-Koeffizient bleibt erhalten
 - 255 - DCT-Koeffizient wird vernachlässigt (0)
 - steuert Kompressionsrate
 - Genauigkeit/Qualität der Kompression
- DC-Koeffizient $\mathbf{g(0,0)}$ jedes einzelnen Blockes wird als Differenz zum DC-Koeffizienten des Vorgängerblocks gespeichert (DPCM)

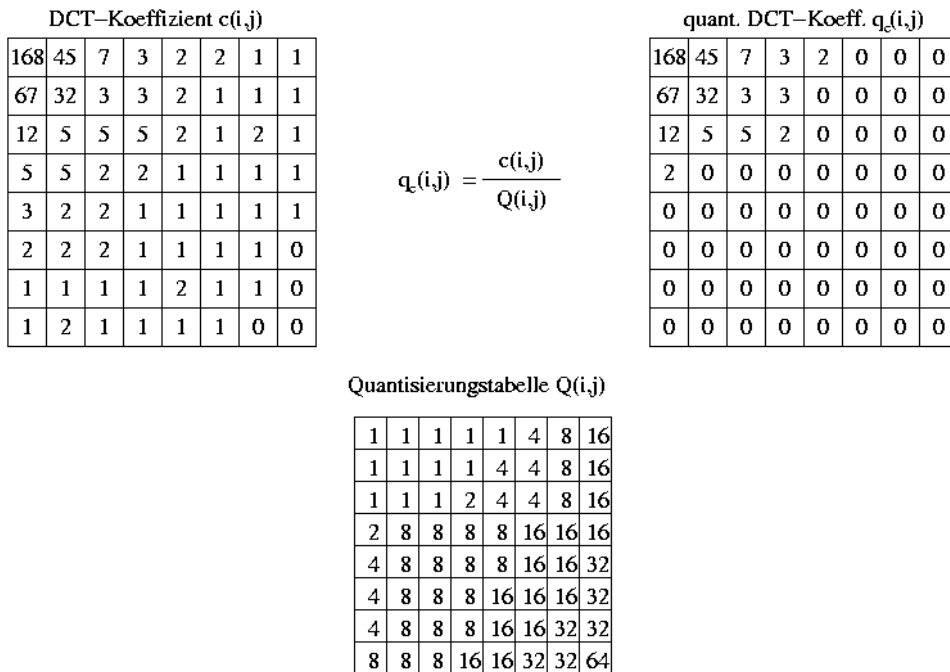


Abbildung 4.4-5: Quantisierung der DCT-Koeffizienten mit Quantisierungstabelle

Laufzeitkodierung

- Nach Quantisierung treten viele vernachlässigbare Koeffizienten auf
- geeignetes Muster beim Zusammenfassen
- **Zick-Zack**

168	45	7	3	2	0	0	0
67	32	3	3	0	0	0	0
12	5	5	2	0	0	0	0
2	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0

Abbildung 4.4-6: Lauflängenkodierung, ZickZack-Sequenz

Huffmannkodierung

- abschließende Entropykodierung

- variable "Bytelänge"

Zusammenfassung

- leistungsfähige Kompression "natürlicher" Bilder
- ungeeignet/bedingt geeignet für Zeichnungen, Cartoons
- Kompressionsraten 20:1 typisch (verlustfreier Modus 2:1)
- orientiert am Betrachter, nicht für maschinelle Analyse
- nicht einsetzbar in der Medizintechnik, Röntgenbilder
- Kodierer und Dekodierer in Hardware verbreitet (Webcams ...)

Vertiefung:

Steinmetz R., Nahrsted K.:

Multimedia: Computing, Communications and Applications

Prentice Hall, 1995, ISBN 0-13-324435-0

[\[http://www.jpeg.org/public/jpeghomepage.htm\]](http://www.jpeg.org/public/jpeghomepage.htm)

4.4.3 Bewegtbilder

Eine Folge von Einzelbildern in einer aufeinanderfolgenden Darstellung erzeugt den Eindruck einer Bewegung.

Framerate

- zeitlicher Abstand zwischen zwei aufeinanderfolgenden Einzelbildern (Rahmen)
- Einzelbilder untereinander abhängig
- jeder Rahmen stellt eine Variante seines Vorgängers dar
- -> Eindruck der Bewegung
- **Frameraten** unter 10 **Frames per second (fps)** wird vom menschlichen Auge als Bildfolge aber nicht als Bewegung erkannt
- 10 .. 16 fps Bewegungseffekt, aber sogenanntes **ruckeln (jerky)**
- ab 16 fps empfinden wir eine "weiche" Bewegung
- Erhöhung der Framerate verbessert die Qualität
- TV nutzt Frameraten zwischen 25 und 30 fps
- HDTV 60 fps

Scanrate

- Bildaufbau auf Bildschirm/Monitor
- TV-Geräte 50 .. 100Hz

Kompression bewegter Bilder

- **räumliche Übereinstimmung (*spatial correlation*)**
 - Kompression von Einzelbildern (unabhängig von Bildfolge)
 - Entfernen von Redundanzen in den Einzelbildern
- **zeitliche Übereinstimmung (*temporal correlation*)**
 - Erkennen von Redundanzen zwischen aufeinanderfolgenden Rahmen
 - entspricht der DPCM-Technik, Differenz zwischen Einzelbildern kodiert
 - **Bewegungskompensation (*motion compensation*)** Rahmen enthalten Teile des Vorgängers
 - Rekonstruktion der Rahmen aus Differenzinformationen und Vorgänger

4.4.4 motion JPEG

- jeden Rahmen (Einzelbild) unabhängig komprimieren (JPEG)
- häufig sequentieller JPEG-Modus
- jeder Rahmen existiert unabhängig (von anderen Rahmen)
- unanfällig gegen Übertragungsfehler
- geringe Verzögerung während der Kompression
- (Weiter-) Verarbeitung von motion JPEG sehr einfach
- geringe Kompressionsraten
- TV-Qualität 8..10Mbps

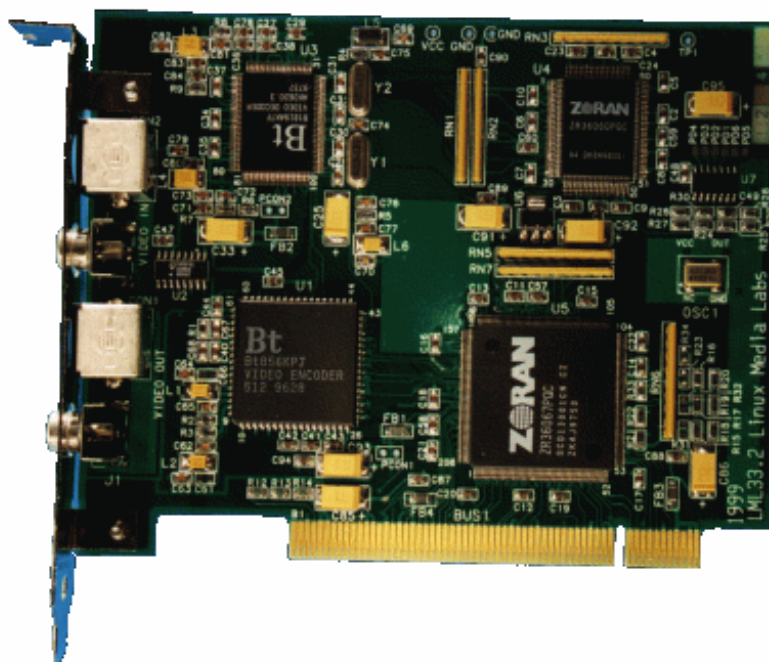


Abbildung 4.4-7: Hardware motion JPEG Codec *Quelle: Linux Media Labs*

- Linux Media Labs

- Codec: Zoran ZR36060

Vertiefung:

[\[http://www.linuxmedialabs.com/\]](http://www.linuxmedialabs.com/)

[\[http://www.zoran.com/\]](http://www.zoran.com/)

4.4.5 MPEG-1 (Übersicht)

Referenzframes und I-Frames

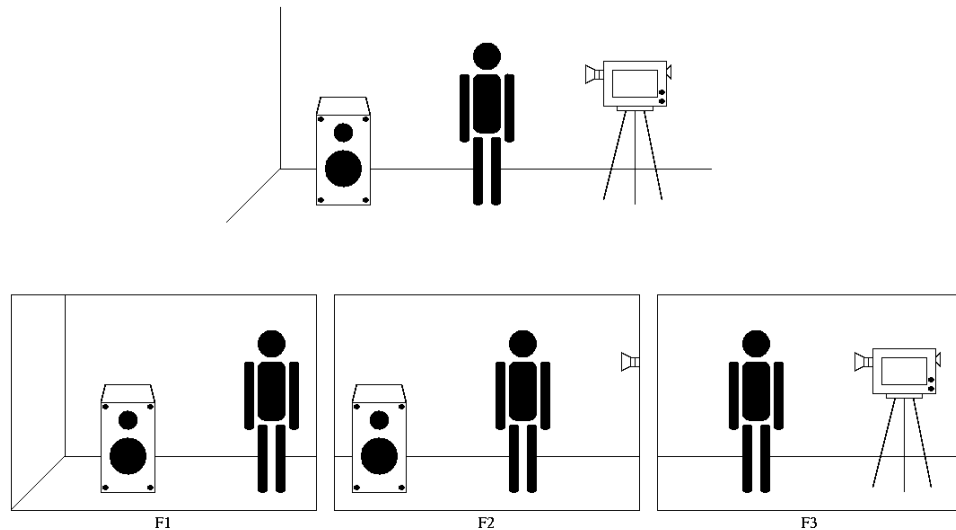


Abbildung 4.4-8: 3 aufeinanderfolgende Rahmen

- Rahmen enthalten Teile benachbarter Rahmen
- F1 als Referenz für die Bildung von F2
- **Referenz Frame** (*reference frame*)
- F1 enthält alle Informationen über sich selbst
- **I-Frame** (*intracoded frame*)

Makroblöcke und Bewegungsvektoren

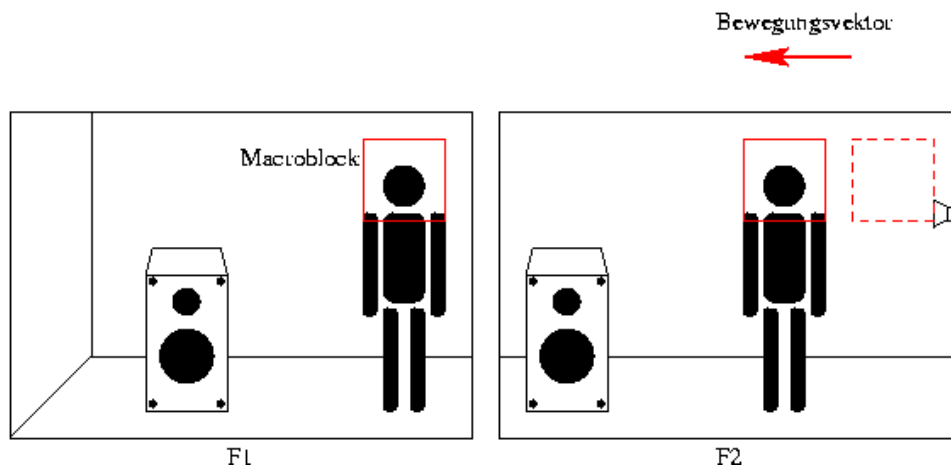


Abbildung 4.4-9: Makroblock und Bewegungsvektor

- Teile eines Rahmens (Blöcke) mit neuer Position im nachfolgenden Rahmen
- gleiche Blöcke in benachbarten Rahmen → **passende Blöcke** (*matching blocks*)
- sinnvoll, nur Bewegung der passenden Blöcke zu beschreiben
- **Bewegungsvektor** (*motion vector*)
- MPEG-1
 - Einzelbilder bestehen aus einer Luminanz- und 2 Chrominanzkomponenten
 - Subsamplingrate 4 : 1 : 1
 - matching blocks
 - * 4 Blöcke aus 8 x 8 Pixel Luminanz
 - * 2 Blöcke aus 8 x 8 Pixel Chrominanz
 - * → **Macroblock**

P-Frames und B-Frames

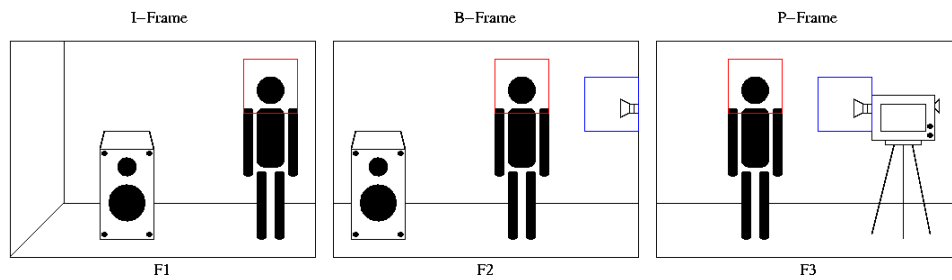


Abbildung 4.4-10: I-Frame, B-Frame und P-Frame

- F3 enthält Makroblöcke von F1, F3 wird **nur** aus F1 kodiert
- F3 als **P-Frame** (*predicted frame*) bezeichnet
- F2 besteht aus Makroblöcke von F1 **und** F3
- für Rekonstruktion von F2 werden Teile von F1 und F3 benötigt
- F2 ist ein **B-Frame** (*bidirectional frame*)

Hinweis!

Praktisch kann F2 erst kodiert werden, wenn F3 verfügbar ist. Zeitverzögerung beachten!

Makroblöcke

Wie findet man passende Blöcke (matching blocks)?

- Realität viel komplizierter
- exakt passende Blöcke kommen fast nicht vor
- ähnliche Blöcke finden

- **Differenzinformationen** (*error term*) der ähnlichen Blöcke zusätzlich kodieren (siehe auch Vektorquantisierung)
- nicht passende Blöcke so wie ein I-Frame kodieren

typische Sequenzen in MPEG-1

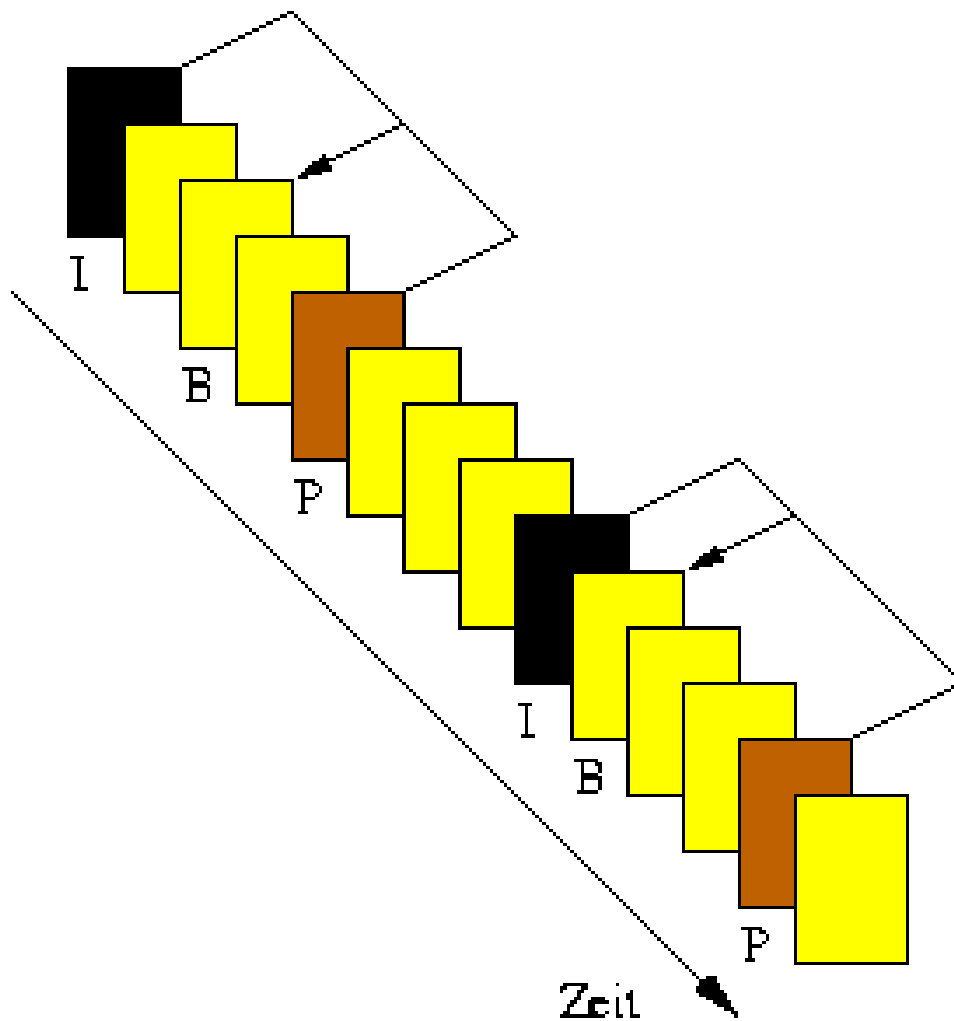


Abbildung 4.4-11: Sequenzen von I-Frame, B-Frame und P-Frame

- IBBBPBBBI
- IBBPBBPBBBI digital-TV PAL

4 Video

- IBBPBBPBBPBBI digital-TV NTSC

4.4.6 MPEG-1 (Rahmenkodierung)

Kodierung von I-Frames

Verfahren entspricht der sequentiellen Kodierung von JPEG

- Luminanz- und Chrominanzteile eines Rahmens werden einzeln kodiert
- Aufteilung in 8 x 8 Pixel Blöcke
- Transformation von räumlicher Darstellung in Frequenzdarstellung (DCT)
- Quantisierung
- DC-Koeffizienten jedes Blocks in DPCM-Technik kodiert
- Lauflängenkodierung der im Zick-Zack abgetasteten Blöcke
- Huffmann(-ähnliche) Kodierung

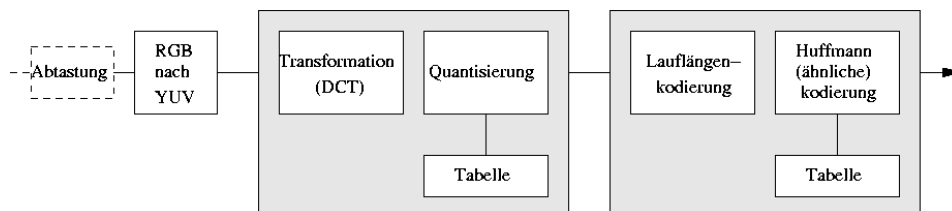


Abbildung 4.4-12: Kodierung von I-Frames

Kodierung von P-Frames und B-Frames

- für jeden Makroblock wird ein passender Block im Referenzframe gesucht
- Bewegungsvektor und Differenz zwischen aktuellem Makroblock und passendem Block werden berechnet

- Transformation der Differenz (error term) in Form eines Makroblocks
- Quantisierung, Lauflängenkodierung und Huffman(-ähnliche) Kodierung wie in der Kodierung von I-Frames
- andere Quantisierungstabelle wie I-Frame-Kodierung, DC nicht als DPCM kodiert
- Bewegungsvektoren in DPCM-Technik kodiert

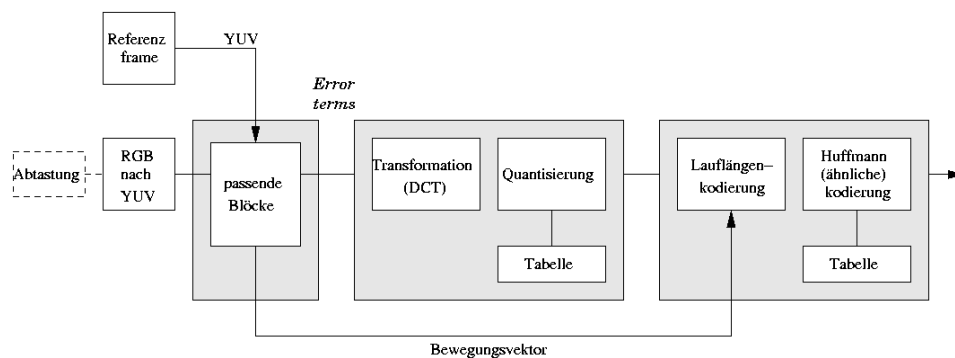


Abbildung 4.4-13: Kodierung von P-Frames

Zusammenfassung

- Kombination aus Bildkompression und Bewegungskompensation
- Übertragungsfehler hinterlassen Störungen in mehreren Bildern
- Verzögerung durch Pufferung während der Bewegungskompensation

Vertiefung:

Fluckiger, Francios: Understanding Networked Multimedia.

Prentice Hall, 1995, ISBN 0-13-190992-4

4.5 Applikationen

4.5.1 H.261

H.261 als Standard für Bewegtbildkodierung und -kompression im Rahmen von H.323

- Spezifikation der ITU
- Videophonie bzw. Videokonferenzen im Segment niedriger Bitraten
- Bezeichnung auch als **p x 64** (p x 64 Kbps)
- maximale Verzögerung von Kompression und Dekompression kleiner 150 ms

Komponenten

- 1 Luminanzkomponente **Y**
- 2 Chrominanzkomponenten **C_r C_b**

Format

- 4:3 Format
- CIF 352 x 288
- QCIF 176 x 144
- Subsamplingrate 4:1:1

Framerate

- maximal 30 fps (29.97 fps)
- Adaption an Übertragungsrate möglich
- (*CIF unkomprimiert 36 Mbps*)

Kompression

Kompression erfolgt ähnlich dem MPEG-1 Verfahren.

- Makroblock
 - 4 8x8 Pixelblöcke für Luminanz
 - 2 8x8 Pixelblöcke für Chrominanz
- **Makroblockgruppen (*groups of blocks*)** (3x11 Makroblöcke)
 - CIF besteht aus 12 Makroblockgruppen
 - QCIF besteht aus 3 Makroblockgruppen
- nur I-Frames und P-Frames spezifiziert
 - **intraframe coding** → I-Frames
 - **interframe coding** → P-Frames
- Bewegungsvektor wie in MPEG-1
- DCT für jeden 8x8 Pixelblock bzw. für jeden 8x8 error-term Block (passender Block aus Differenz zwischen P-Frame und I-Frame)
- error-term Blöcke vor der DCT mit Schwellwert vergleichen
→ transformieren oder vernachlässigen

- Quantisierungsschritt nach DCT ist **nicht** mit MPEG-1 vergleichbar
- abschließende Entropykodierung ähnlich MPEG-1 (Laufängen- und Huffmannkodierung)

4.5.2 MPEG Standards

MPEG-1

"Coding of Moving Pictures and Associated Audio for Digital Storage Media at up to about 1.5 Mbps."

- VCR-Qualität
- Audio- und Videodaten auf CDROM (200..250Kbps Audio + 1.15..1.2Mbps Video)
- optimale Bildgröße SIF (352 x 288, 352 x 240)
- Videoinformationen in YUV-Darstellung, Subsamplingrate 4:1:1
- jedes Frame entspricht Vollbild (nicht wie TV-Halbbilder)
- Framerate 25..30 fps
- 2 Audiokanäle

MPEG-2

"Generic Coding of Moving Pictures and Associated Audio"

- Übertragung in TV-Qualität (DVB)
- Bildqualität deutlich besser als MPEG-1
- Bitraten 4..6Mbps
- optimale Bildgröße 720 x 480
- Videoinformationen in YUV-Darstellung, Subsamplingrate 4:2:2
- Halbbilder wie im TV möglich
- 5 Audiokanäle

- Gliederung in Profile (Kompressionsalgorithmus) und Level (Auflösung)
- Level
 - low: CIF 352 x 288 VCR
 - main: 720 x 480 TV
 - high-1440: 1440 x 1152 HDTV
 - high: 1920 x 1080

MPEG-3

- Spezifikation für Kodierung und Kompression von HDTV
- Entwicklung **aufgegeben**
- Spezifikation in MPEG-2 aufgenommen

MPEG-4

”Very Low Bit Rate Audio-Visual Coding”

- drastische Reduzierung der Bitraten
- Bildformate ähnlich QCIF in 4.8 bis 64Kbps bei 10fps
- hervorragend geeignet für Videokonferenzen
- Verfahren
 - objektorientierter Ansatz
 - Audio- und Videoobjekte (Sprachsequenzen, Hintergrundbilder, Fußball, Moderator, ...)
 - Kodierung und Übertragung der Objekte mit unterschiedlicher Genauigkeit

- Wiedergabe nicht mehr zwingend linear, Interaktionen möglich
- Implementation: DivX (Open DivX)

Vertiefung:

[\[http://mpeg.telecomitalialab.com/\]](http://mpeg.telecomitalialab.com/)

[\[http://www.dvb.org\]](http://www.dvb.org)

[\[http://www.projectmayo.com/\]](http://www.projectmayo.com/)

4.5.3 DVB-Digital Video Broadcast

- Digital-TV auf Basis von MPEG2 kodierten Medieninformationen
- analog der Kodierung einer Video-DVD
- DVB-Medienkodierung ISO/IEC 13818-2

Motivation

- vielfältiges TV-Programmangebot, d.h. mehr Programme bei gleicher Anzahl Übertragungsfrequenzen gegenüber analog TV
- Mehrwert-Dienste (Daten, Internet Service Provider, ...)
- gute Bildqualität (keine Geisterbilder, ...)
- digitaler VCR, Verschmelzung von TV und PC

Ausbreitung

- Satellit DVB-s
- Kabelnetze DVB-c
- terrestrische Ausbreitung DVB-t

Übertragungstechnologie

- analoge, HF-Trägerschwingung
- QPSK-Modulation (Satellit) bzw. QAM-Modulation (Kabel) + FEC (forward error correction)
- DVB-Übertragung ISO/IEC 13818-1

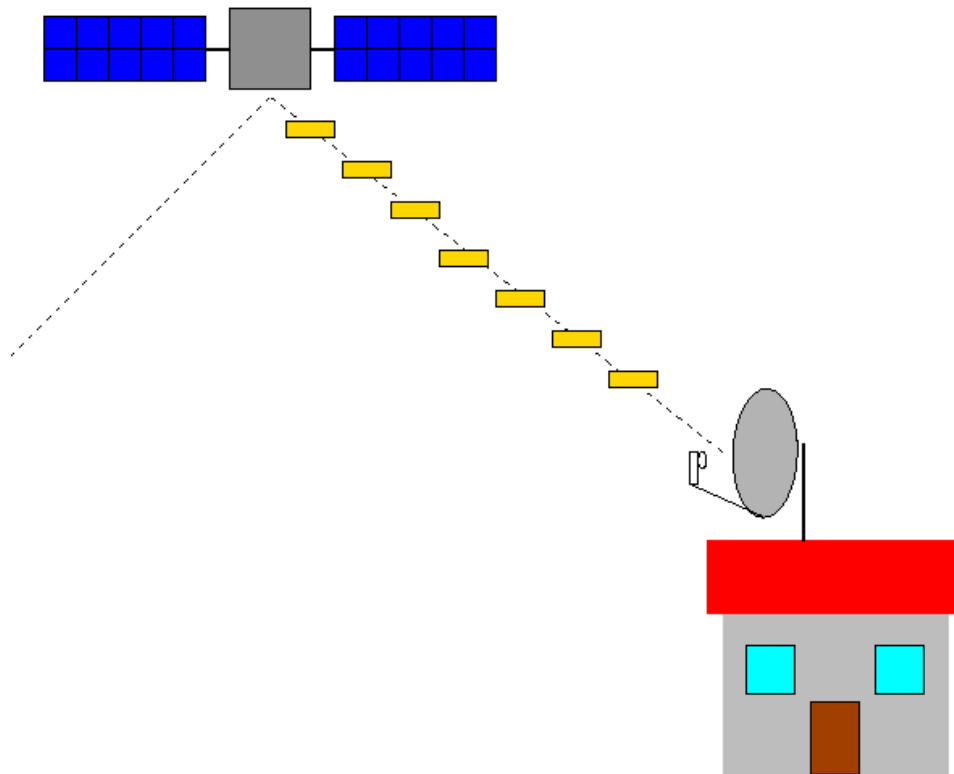


Abbildung 4.5-1: DVB über Satellit

- **Transport Stream (TS)**
 - Pakete von 188 byte Länge
 - Identifikation mit PID
 - Nutzdaten enthalten PES-Pakete oder Daten, Videotext
- **Packetized Elementary Stream (PES)**
 - enthält Audio- oder Videodaten
 - Zusatzinformationen PTS (Zeitstempel), Länge, ...
- **Elementary Stream (ES)**
 - Audio- bzw. Videodaten (komprimiert)
 - z.B. MPEG I-P-B-Frames

- **Program Stream (PS)**

- alle zu einer Zeitbasis (Programm) gehörenden PES-Pakete
- Zusatzinformationen wie SCR (System Referenz Clock)
- typische Anwendung von Video-DVD in *.vob

Beispiel DVB-s

- Kanalkonfiguration

```
Programm:      ARD auf Astra (19.2ř0)
Frequenz:      11837 MHz
Polarisation:  h
Symbolrate:    27500
VideoPID:      101
AudioPID:      102
TextPID:       104
```

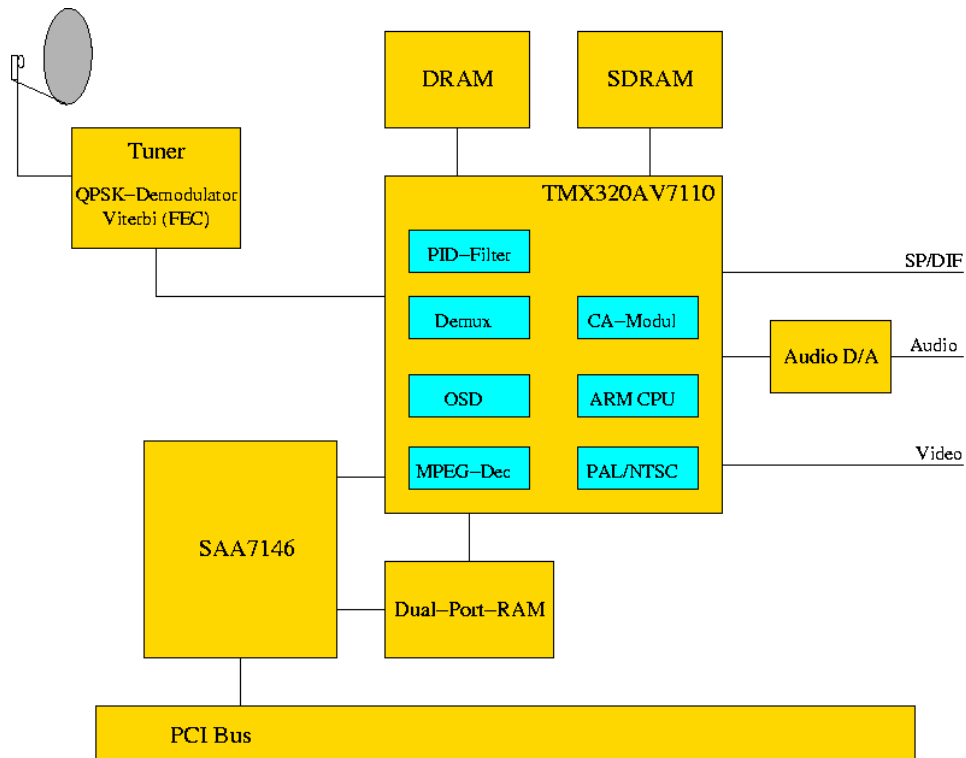


Abbildung 4.5-2: DVB-Kartenlayout

Vertiefung:

[\[http://www.dvb.org\]](http://www.dvb.org)

[\[http://www.linuxtv.org\]](http://www.linuxtv.org)

[\[http://www.linuxdvb.tv\]](http://www.linuxdvb.tv)

4.5.4 MHP-Multimedia Home Plattform

MHP definiert die Schnittstelle zwischen Settop-Box (-Betriebssystem) und TV-Applikation.

Ziel

- Konvergenz der Medien
- digitale Bild- und Tonqualität + Interaktivität des Internets
- offener Standard (Verbreitung via Satellit europaweit)

Anwendung

- Settop-Box als Empfangs- und Verarbeitungseinheit
- d.h. Settop-Box hat die Fähigkeit zur Datenverarbeitung
 - interaktive Spielshows
 - Zusatzinformationen zu Dokumentationen (Link zu WWW-Angebot)
 - Werbesendung + E-Commerz

Entwicklung

- 1996 Unitel, Universal Settop-Box Project
- 07/2000 ETSI (European Telecommunication Standards Institut) Spezifikation für MHP
- d-Box2 soll/wird softwareseitig auf MHP ausgerichtet

Vertiefung:

[\[http://http://www.digitv.de/MHP\]](http://http://www.digitv.de/MHP)

Linux auf d-Box2

[\[http://dbox2.elxsi.de\]](http://dbox2.elxsi.de)

5 Netzwerklösungen für Multimediaanwendungen

5.1 Systembetrachtungen

5.1.1 Systembeschreibung

Bestandteile der Kommunikationsnetze

- Sender
- Übertragungsstrecken (links)
- Vermittlungseinrichtungen (router, PBX)
- Empfänger

MM-Netze sind angepasste Kommunikationsnetze zur Unterstützung der Anwendungsklassen

- Dialog (Individualkommunikation)
- Konferenz (Gruppenkommunikation)
- Verteilung (Verteilkommunikation)
- optimal geeignet für den Transport diskreter und kontinuierlicher Medien
- Systemeinschränkung: Mensch als Kommunikationsendpunkt

- Geräteeinschränkung (Sender/Empfänger): Rechner mit IP-Stack

5.1.2 Sender- und Empfängercharakteristik

- Senderkenngößen:
 - **Bitrate**, als Informationsvolumen pro Zeiteinheit (meist arithmetischer Mittelwert)
 - Verkehrsaufkommen, qualitativ beschreibbar:
 - * **konstante Bitrate**
 - * **variable Bitrate**
 - * **Senderruhe**
 - Verkehrsaufkommen, quantitativ beschreibbar:
 - * Verhältnis zwischen maximaler und minimaler Bitrate (**burstiness**)
- quantitative Empfängerkenngößen (Nutzerakzeptanz):
 - Fehlerrate, dimensionslos
 - * meist **Bitfehlerrate (BER)**
 - * mitunter auch **Paketfehlerrate (PER)** bzw. **Zellverlustrate (CLR)**
 - **Übertragungsverzögerung (*delay*)** [ms]
 - * bei interaktiven Anwendungen muß ein akzeptables Antwortzeitverhalten garantiert sein
 - * bei Videoübertragungen mit Sprachausgabe muß Lip-pensynchronität erreicht werden
 - * bei Sprachkonferenzen darf die Partnerantwort nicht zu lange hinausgezögert werden (Gesprächspartner scheinbar verschwunden)

– **Übertragungsverzögerungsschwankung (*jitter*, *delay variation*) [ms]**

* muß besonders bei Audio- und Sprachübertragung innerhalb enger Grenzen sichergestellt werden, um die Verständlichkeit zu erhalten

• subjektive Empfängerkriterien

– oftmals individueller Vergleich mit Wahrnehmungsqualität bekannter, mitunter nicht multimedialer Systeme (Kino, Musikkassette, ...)

• Wahrnehmungsunterschiede des Menschen für Klang und Bild

– Ohr ist Differentiator, Auge ist Integrator bei der Bewertung von Wiedergabefehlern akustischer bzw. optischer Signale

oder

– die menschlichen Sinnesorgane tolerieren Tonsignalfehler weit weniger als Videosignalfehler insbesondere bei zeitlich bedingter Verfälschung

Kriterium	Norm/Applikation	qualitativ	praktisch	Bemerkung
Bitrate	G.711 G.721 CD-DA MPEG	niedrig, konstant sehr niedrig, konstant groß, konstant niedrig	64 kbps 32 kbps 1.411,2 kbps 192 kbps	ohne Kompression mit Kompression Stereo, ohne Kompr. mit Kompression
Verzögerung	Konversation Sprachsteuerung virtuelle Realität Verteilen/Kopieren	möglichst klein möglichst klein möglichst klein unkritisch	<= 200 ms <= 500 ms <= 40 ms >= 10.000 ms	
Verzögerungs- schwankung (Jitter)	G.711 MPEG virtuelle Realität	möglichst klein möglichst klein möglichst klein	<= 200 ms <= 100 ms <= 30 ms	
Fehlerrate	G.711 CD-DA MPEG	möglichst klein möglichst klein möglichst klein	10^{-2} 10^{-3} 10^{-4}	

Abbildung 5.1-1: Tabelle: Netzwerkanforderungen bei Audioübertragung

Kriterium	Norm/Applikation	qualitativ	praktisch	Bemerkung
Bitrate	HDTV (1.920 * 1.080/ 60 fps)	extrem hoch (CBR)	2.000 Mbps	unkomprimiert
	MPEG-2	sehr hoch (VBR)	25-34 Mbps	komprimiert
	Digital TV (Studio)	extrem hoch	166 Mbps	unkomprimiert
	MPEG-2	hoch	3 - 6 bps	komprimiert
	konventionelles TV	hoch	2 -4 Mbps	komprimiert, MPEG-2
	VCR	hoch	1,2 Mbps	komprimiert, MPEG-1
	Videokonferenz,H.261	niedrig	0,1 Mbps	komprimiert
Verzögerung		unkritisch		meist Synchronisation mit Audio erforderlich
Verzögerungs- schwankung (Jitter)	HDTV konventionelles TV Videokonferenz,H.261		<= 50 ms <= 100 ms <= 400 ms	
Bitfehlerrate	HDTV konventionelles TV Videokonferenz,H.261		<= 10^{-6} <= 10^{-10} <= 10^{-5} <= 10^{-9} <= 10^{-4} <= 10^{-8}	mit Fehlersicherung ohne Fehlersicherung mit Fehlersicherung ohne Fehlersicherung mit Fehlersicherung ohne Fehlersicherung

Abbildung 5.1-2: Tabelle: Netzwerkanforderungen bei digitalen Videoübertragung

Vertiefung:

Fluckiger, F.: Understanding Networked Multimedia

Prentice Hall, 1995, ISBN 0-13-190992-4

Steinmetz, R.: Multimedia - Technologie

Springer Verlag, Berlin-Heidelberg-New York, 2000, ISBN
3-540-67332-6

5.2 Herkömmliche Transportnetze

5.2.1 Grundbegriffe der Netzwerktechnik

Multiplexen

- Verfahren zur Mehrfachnutzung einer **Übertragungsteilstrecke** (*link*) durch konkurrierende Kommunikationspartner
- Ziel: max. Nutzung der Übertragungskapazität des Links (Wirtschaftlichkeit)
- verschiedene Verfahren im praktischen Einsatz, u.a. Frequenz-, Zeit-

Frequenzmultiplex

- Übertragungskanal transportiert **gleichzeitig** mehrere NutzsSignale zwischen den Standorten
d.h.:
 - durch Modulation eines analogen oder digitalen NutzsSignals auf ein hochfrequentes Trägersignal wird ein definiertes HF-Band belegt
 - HF-Kanal ist breitbandig genug, um eine gewünschte Menge von modulierten Signale zu transportieren

Zeitmultiplex

- Übertragungskanal transportiert **nacheinander** in konstanten, kurzen Zeitabschnitten (slots, meist $125 \mu\text{s}$) NutzsSignale zwischen zwei Standorten
d.h.:

- Zwischenspeichern der Nutzinformation der Einzelkanäle während der Slotzeit erforderlich
- Übertragungsrate auf Ausgangsleitung ist wesentlich höher als auf Eingangsleitung
- meist n Eingangskanäle mit gleicher Bitrate R_E
$$R_A = n * R_E$$
- bedingt **Synchronisation** der Übertragungseinrichtungen auf den Beginn der Informationseinheit

Vermittlung

Vermittlung ermöglicht die Kommunikation von Teilnehmern, die nicht direkt miteinander verbunden sind

- über Vermittlungseinrichtungen wird ein Kommunikationsweg zwischen (mind. 2) Teilnehmern eingerichtet oder sichergestellt
- Varianten: Leitungsvermittlung, Speichervermittlung

Leitungsvermittlung

- Herstellen einer **physischen Endsystemverbindung** (galvanische Verbindung zwischen Sender und Empfänger), auch Durchschaltevermittlung
Beispiel: analoges Telefonnetz
- Herstellen einer **transparenten Endsystemverbindung** (Nutzsignal wird taktsynchron vom Sender zum Empfänger)

geschickt, ohne Zwischenspeicherung größerer Teileinheiten)

Beispiel: digitales Telefonnetz, N-ISDN

Speichervermittlung

- Bereitstellung **virtueller Endsystemverbindung**
- Nutzinformation wird in Blöcken verschickt und auf der Übertragungsstrecke (mehrfach) zwischengespeichert
- unterschiedliche Wegeauswahlentscheidung

- **Paketvermittlung**

- Speichervermittlung von Informationseinheiten mit vollständiger Zieladresse (Pakete)
- Vermittlungseinrichtung trifft Wegentscheidung für viele Teilnehmerverbindungen für jedes einzelne Paket (Router)

Beispiel: Internet, X.25

- **Zeitmultiplexvermittlung**

- Speichervermittlung von Informationseinheiten ohne Zieladresse über logische Kanäle
- virtuelle Verbindung wird mittels logische Kanäle über mehrere Hops auf- und abgebaut
- Informationseinheiten tragen Kanalkennzeichnung

Beispiel: ATM, Informationseinheit: Zelle, virtuelle Verbindung: Kanal

<hr></hr>

Kommunikationsarten

Verbindungsorientierte Kommunikation

- durch Verbindungsauf- und -abbau (TCP: Schicht 4, ATM: Schicht 2) werden beim Kommunikationspartner und evtl. innerhalb des Netzes Kommunikationsressourcen (Pufferspeicher, Verarbeitungskapazität, logische Kanäle) bereitgestellt und freigegeben
- für den Nutzdatenaustausch werden die Ressourcen in unterschiedlicher Weise genutzt, z.B.:
 - Fehlererkennung
 - Fehlerkorrektur (Übertragungswiederholung oder FEC, forward error connection)
 - Flußsteuerung (Empfangsbestätigung)
 - Sicherstellung der Segmentreihenfolge

Verbindungslose Kommunikation

- Nutzdatenversand ohne Garantie der Erreichbarkeit des Empfängers
 - keine Empfangsbestätigung

5.2.2 Technologien und Kenngrößen

Physische Links

Eigenschaften physischer Links

- Arten:
 - Kabel (Kupfer, LWL)
 - Freiraum (terrestrisch, satellitengestützt)
- Signalverzögerung: verursacht durch endliche Ausbreitungsgeschwindigkeit der elektromagnetischen Wellen (max. Lichtgeschwindigkeit c , Kupfer = $0,6 \dots 0,7 c$)
- Fehlerrate (BER): z.B. LWL-Kabel $10^{-10} \dots 10^{-12}$

LAN-Transport

- Siegeszug der Ethernettechnologie seit Mitte der 70-er Jahre
- IEEE 802.3 Protokolle für L2-Transport
- gestaffelte Übertragungsraten 10/100/1000 Mbps (Standard-, Fast-, Gigabit-Ethernet), Skalierbarkeit
- bis Mitte der 90-er Jahre überwiegender Einsatz von shared medium (Buskabel, Repeater) mit Kollisionen
- seit den 90-er Jahren starke Verbreitung der Switchtechnologie (Multiportbridge)

Nutzung dedizierter Endgeräteanschlüsse ermöglicht kollisionsfreien Betrieb (full duplex - individuelle Portkonfiguration)

Nutzung der VLAN-Technologie ermöglicht die Begrenzung der Broadcastdomänen auf L2-Ebene

5.2 Herkömmliche Transportnetze

DA	Zieladresse	6
SA	Quelladresse	6
PT	Protokolltyp	2
Data	Nutzdaten	46 ... 1500
FCS	Prüfsumme	4

normaler Frameaufbau

DA	Zieladresse	6
SA	Quelladresse	6
PT	Protokolltyp	2
ETPID	Eth.prot-ID	2
TCI	Tag-Steuerfeld	2
Data	Nutzdaten	46 ... 1500
FCS	Prüfsumme	4

getagter Frameaufbau

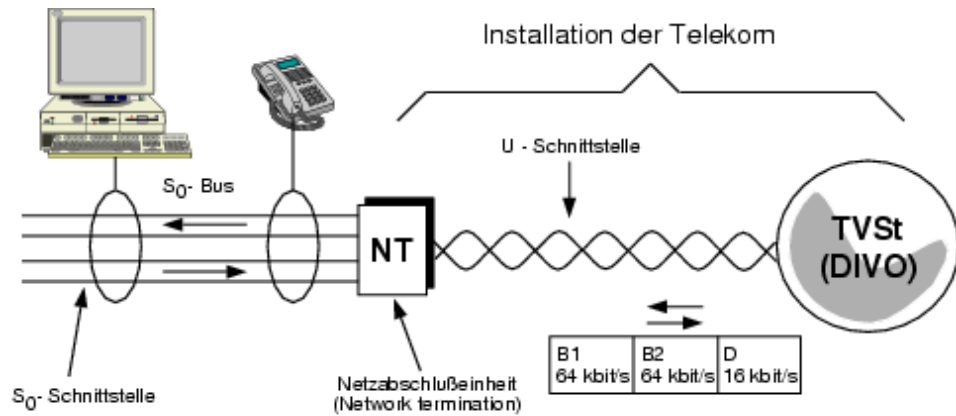
ETPID Konstante 81-00H

TCI PRL.... 3 Bit Prioritätskennzeichen, nutzerdefiniert 0 .. 7
 CFL.... 1 Bit Kennzeichnung für kanonisches Format (bei Eth=0)
 VDL.... 12 Bit VLAN-Identifikator, nutzerdefiniert 0 .. 4095
 Sonderbedeutung für 0, 1, FFFH

Abbildung 5.2-1: Ethernetframeaufbau

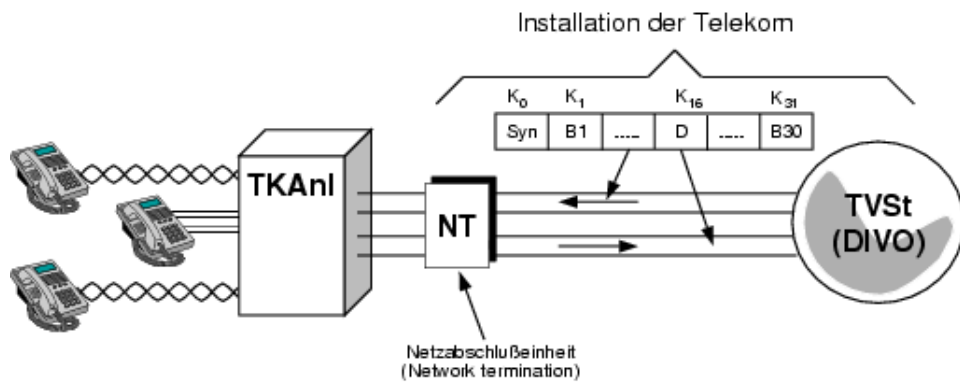
WAN-Transport

N-ISDN Technik



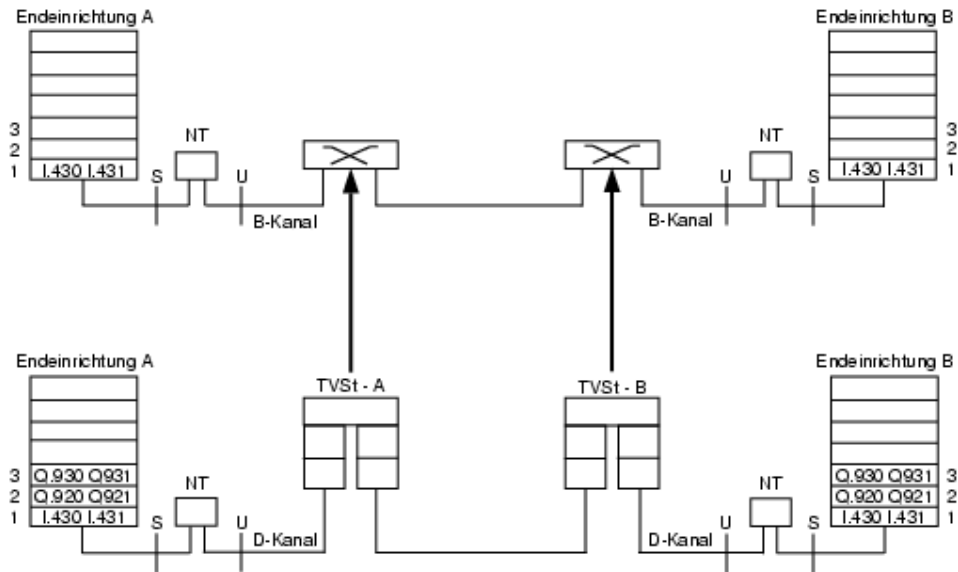
ISDN-Basisanschluß (S₀, BRI)

Abbildung 5.2-2: ISDN-Basisanschluß (S₀, BRI)



ISDN-Primärmultiplexanschluß (S_{2M}, PRI)

Abbildung 5.2-3: ISDN-Primärmultiplexanschluß (S_{2M}, PRI)



ISDN-Referenzmodell für leitungsvermittelte Verbindungen

Abbildung 5.2-4: ISDN-Referenzmodell für leitungsvermittelte Verbindungen

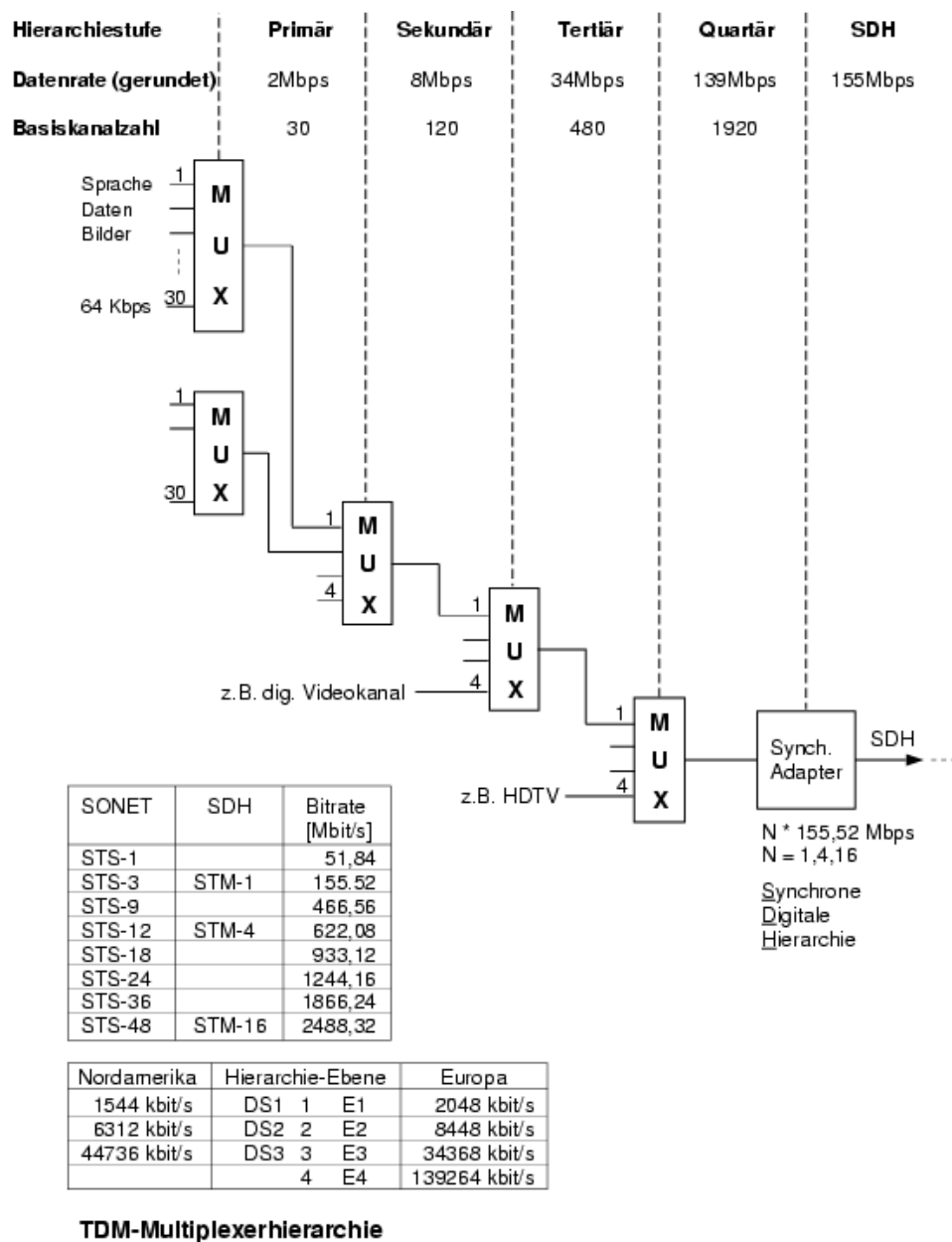
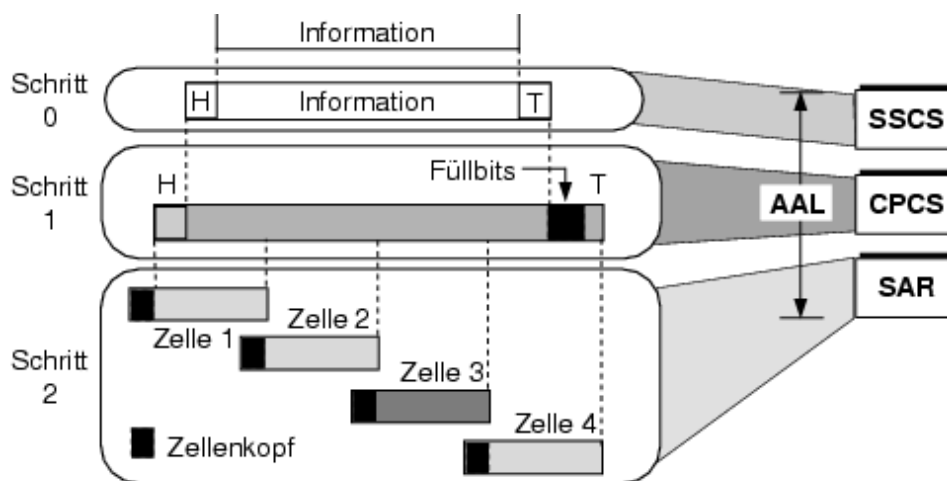


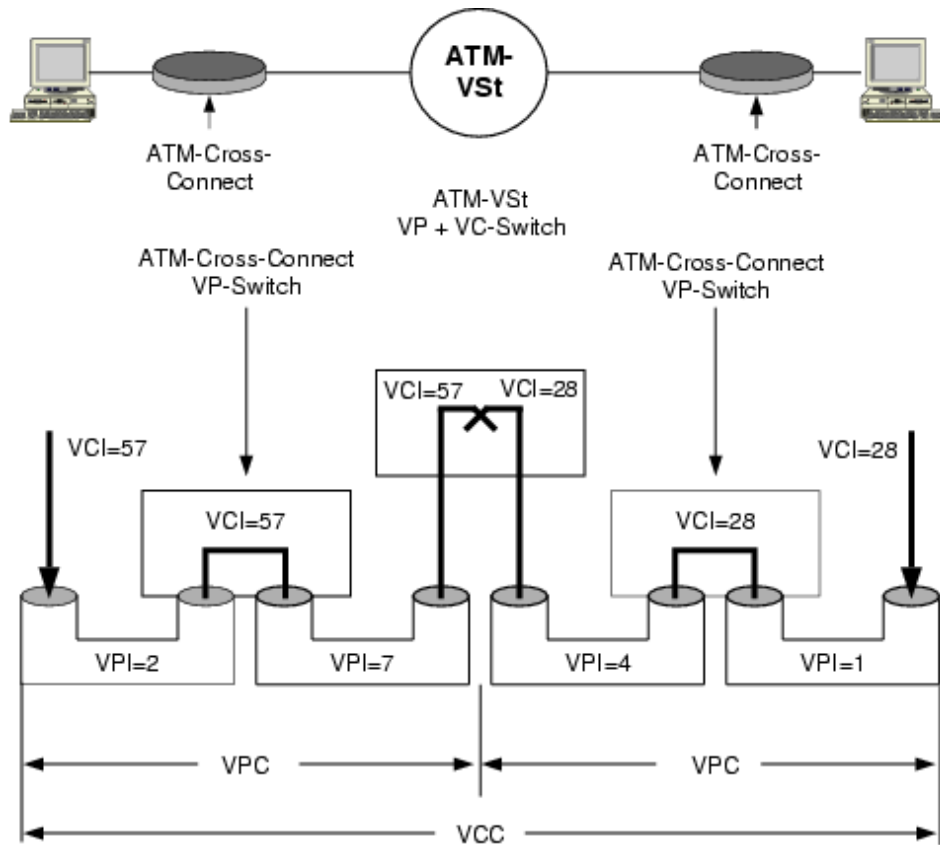
Abbildung 5.2-5: TDM-Multiplexerhierarchie

ATM-Technik



Bildung von ATM-Zellen

Abbildung 5.2-6: Bildung von ATM-Zellen



Darstellung einer virtuellen Verbindung

Abbildung 5.2-7: Darstellung einer virtuellen ATM-Verbindung

5.2.3 Technologiebewertung

Kriterium	Datennetz	Telefonnetz	TV-Netz	MM-Netz
Verkehrsaufkommen	anisochron VBR, burst	isochron (CBR)	isochron (CBR)	anisochron (VBR)
Vermittlungsart	Paketvermittlung	Multiplex- vermittlung	ohne Vermittlung Verteildienst	Paketvermittlung
Verbindungsart	verbindungslos	verbindungs- orientiert	„Standleitung“	verbindungs- orientiert
Synchronität (Sender/Empfänger)	nicht nötig	erforderlich	erforderlich	erforderlich
Signalisierung	inband	outband	ohne	inband
Richtungsbetrieb	simplex/duplex	duplex	simplex	duplex
Multiplextechnik	LAN: ohne WAN: TDM/ATM	TDM	FDM	ATM
Datenrate	mittel - hoch	niedrig	hoch	niedrig - hoch
Qualitätsgarantie - Datenrate - Verzögerung - Reservierung	nein nein nein	ja ja nein	ja ja nein	notwendig notwendig notwendig

Abbildung 5.2-8: Technologiebewertung (Vergleich, Ausblick)

Vertiefung:

Siegmund, G: ATM - Die Technik des Breitband ISDN
R.v.Decker's Verlag, Heidelberg, 1994, ISBN 3-7685-3994-6

Krüger, G./ Reschke, D.: Lehr- und Übungsbuch Tele-
matik
Fachbuchverlag Leipzig, 2000, ISBN 3-446-21053-9

5.3 Multimediakommunikation in IP-Netzen

5.3.1 Servicequalität (QoS)

VLAN-Kennzeichnung

Ziel:

- Bereitstellung von Serviceklassen für Ethernet-LAN's (Schicht 2)

Konzept:

- Nutzdatenkennzeichnung und -behandlung nach charakteristischen Verkehrsprofilen

Realisierung:

- Erweiterung der Framestruktur durch nutzerdefinierbare Bitmuster
- Nutzerapplikationen setzen eine gewünschte Verkehrsklasse
- Paketverteilung in Vermittlungseinrichtungen (Switch) mittels unterschiedlicher Warteschlangenalgorithmen

DA	Zieladresse	6
SA	Quelladresse	6
PT	Protokolltyp	2
Data	Nutzdaten	46 ... 1500
FCS	Prüfsumme	4

normaler Frameaufbau

DA	Zieladresse	6
SA	Quelladresse	6
PT	Protokolltyp	2
ETPID	Eth.prot-ID	2
TCI	Tag-Steuerfeld	2
Data	Nutzdaten	46 ... 1500
FCS	Prüfsumme	4

getagter Frameaufbau

ETPID Konstante 81-00H

TCI PRL.... 3 Bit Prioritätskennzeichen, nutzerdefiniert 0 .. 7
 CFL.... 1 Bit Kennzeichnung für kanonisches Format (bei Eth=0)
 VDL.... 12 Bit VLAN-Identifikator, nutzerdefiniert 0 .. 4095
 Sonderbedeutung für 0, 1, FFFFH

Abbildung 5.3-1: Ethernet Framestruktur

Wert	Verkehrsklasse
0	Best Effort (Grundeinstellung)
1	Background (Massenübertragung Spiele)
2	Spare (Standard)
3	Excellent Effort (geschäftskritische Übertragung)
4	Controlled Load (Multimediaverteilung)
5	Video (interaktive Kommunikation, max 100ms Verzögerung)
6	Video (interaktive Kommunikation, max 10ms Verzögerung)
7	Network Control (reserviert für NW-Steuerung)

Verkehrsklassenprioritäten

Verfügbarkeit:

- seit 1998, IEEE 802.1 Standard

Vorteile:

- geringe Komplexität

- geringe Rechenleistung der Vermittlungseinrichtung

Nachteile:

- Kennzeichnung geht beim Routerdurchlauf verloren (evtl. Abbildung auf IP-Paketkopf)

Differentiated Services

Ziel:

- Bereitstellung von Serviceklassen auf Schicht 3 durch die Transportnetze (per hop behavior, PHB)

Konzept:

- Nutzdatenkennzeichnung und -behandlung nach charakteristischen Verkehrsprofilen (einer überschaubaren Anzahl von Applikationsklassen)
z.B. Filetransfer, Telefondialog, Videokonferenz, Videoverteilung
- Administratororientierung

Realisierung:

- Markierung aller Pakete einer Verkehrsklasse an einheitlicher Stelle im IP-Kopf (Byte2, ehemals TOS-Feld, gem. RFC 2474 neue Bedeutung: DS-Feld) max. 64 verschiedene Kennzeichnungsmuster möglich, Einschränkung durch Bitstellenvorbelegung
- Verarbeitung der Klassifizierungsbitmuster in allen Verteilungskomponenten (Router, Firewall) und differenzierte Behandlung vor der Weiterleitung (unterschiedlich priorisierte Warteschlangen)

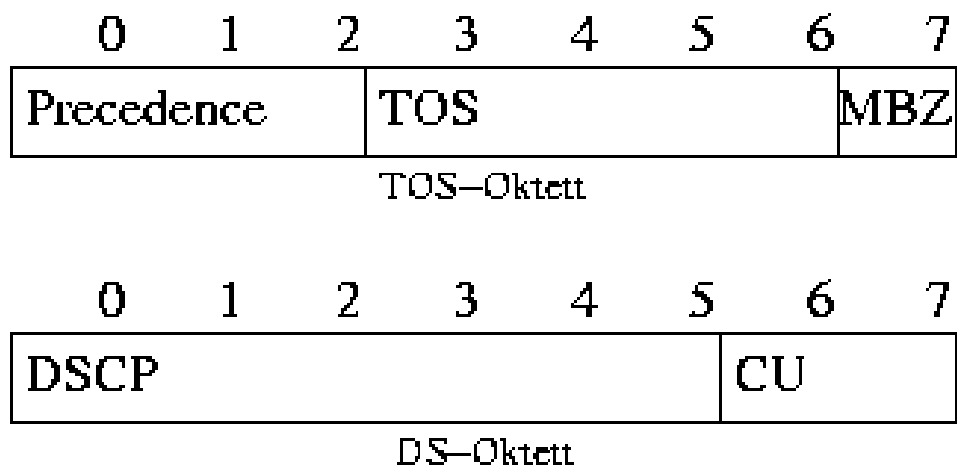


Abbildung 5.3-2: TOS-Nutzung nach RFC 1349 (a) und RFC 2474 (b)

Verfügbarkeit:

- seit 1997 Standardisierungsbemühungen der IETF
- seit 1999 erste Standards (RFC 2475 u.a.)

Vorteile:

- geringe Komplexität
- geringe Rechenleistung der Vermittlungseinrichtung

Nachteile:

- PHB muß auf allen Verteilungskomponenten aktiv sein und einheitlich funktionieren
- Wirksamkeit des Verfahrens ist beim Verlassen des Intranets von der Einhaltung der service level agreements (SLA) zwischen Nutzer und ISP abhängig (Vertrauen, Partnerschaft)

Codepointspezifikation:

- expedited forwarding (EF), gem. RFC 2598, DSCP = 101110
z.B. für Routinginformationen
- assured forwarding (AF), gem. RFC 2597, 12 verschiedene DSCP
4 Weiterleitungsklassen mit unterschiedlicher minimaler Bandbreite und jeweils 3 Verlustprioritäten

Integrated Services

Ziel:

- Ergänzung des traditionell vorhandenen Datenservice (best effort) durch einen Echtzeitservice
- Ermöglichung einer individuellen Bandbreitenreservierung (Nutzerorientierung)
- Optimierung der Transportressourcenverwendung (Übertragungs- und Verarbeitungskapazitäten) mit Sicherstellung aller angeforderten Transportqualitäten (Wirtschaftlichkeit)

Konzept:

- Endgeräte erhalten die Möglichkeit, applikationsspezifisch (per flow: IP-Adr + Port) auf den beteiligten Routern Ressourcen anzufordern und für ihre Sitzungszeit zu binden
- Ressourcenspezifikation meist auf der Basis der statistischen Kenngrößen des Quellverkehrsprofils:
 - r durchschnittliche Datenrate
 - B Burstrate
 - m minimale Paketlänge
 - M maximale Paketlänge
- Router mit ausgeprägten Fähigkeiten zur Verkehrssteuerung (verschiedene Warteschlangenalgorithmen)

Serviceklassen:

- internationale Vereinbarung von Serviceklassen zur strengeren und lockeren Einhaltung der Serviceparameter

- z.Z. 2 verabschiedete Standards:
 - RFC 2211 "Controlled Load Service"
für überlastungssensitive Applikationen, die ein gesichertes Antwortzeitverhalten benötigen, aber Datenverluste tolerieren können, Echtzeitapplikationen: Audio- und Videokonferenz
 - RFC 2212 "Guarenteed Service"
für Applikationen mit garantierter (beschränkter) Transportzeit z.B. Audio- und Videoverteilung bei Verwendung der Streamingtechnologie

Vorteile:

- individuelle Serviceanforderung
- wirtschaftlicher Geräteinsatz

Nachteile:

- hohe Komplexität, großer Administrationsaufwand
- hohe Rechenleistung der Vermittlungseinrichtung

Realisierungsvariante:

- RSVP (Resource Reservation Protokoll), RFC 2205

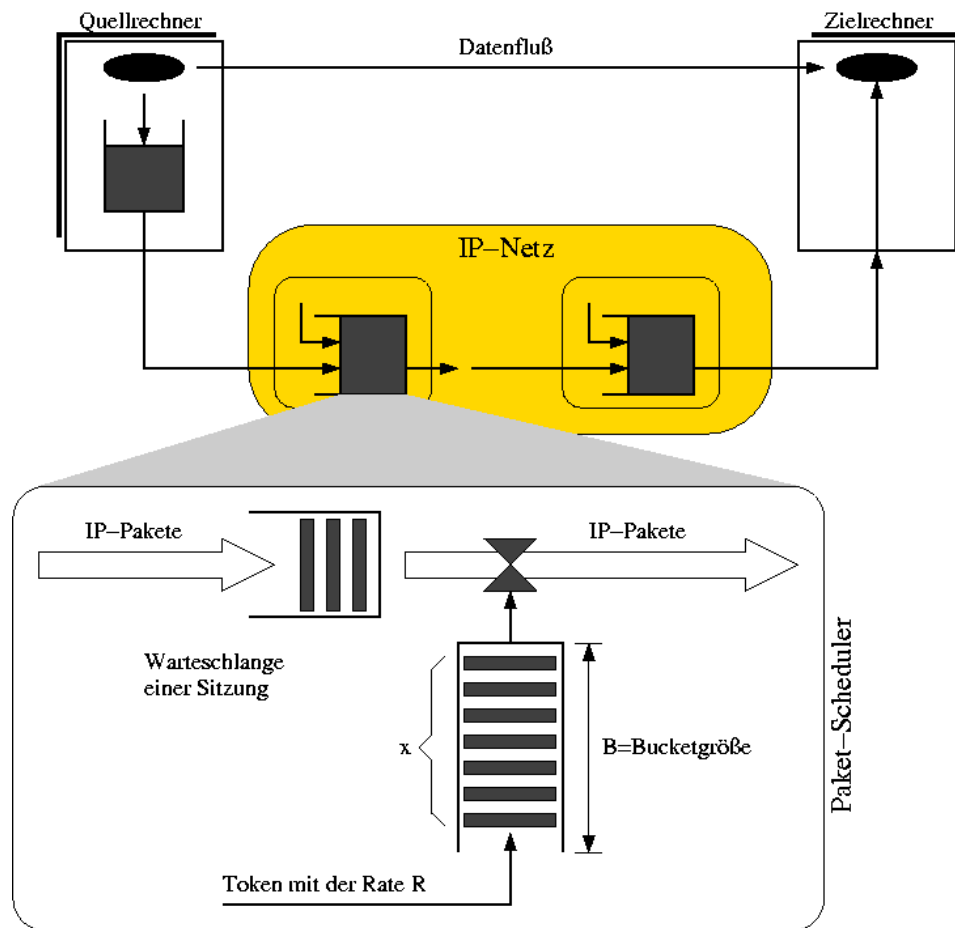


Abbildung 5.3-3: Packet-Scheduler nach dem Token-Bucket-Modell

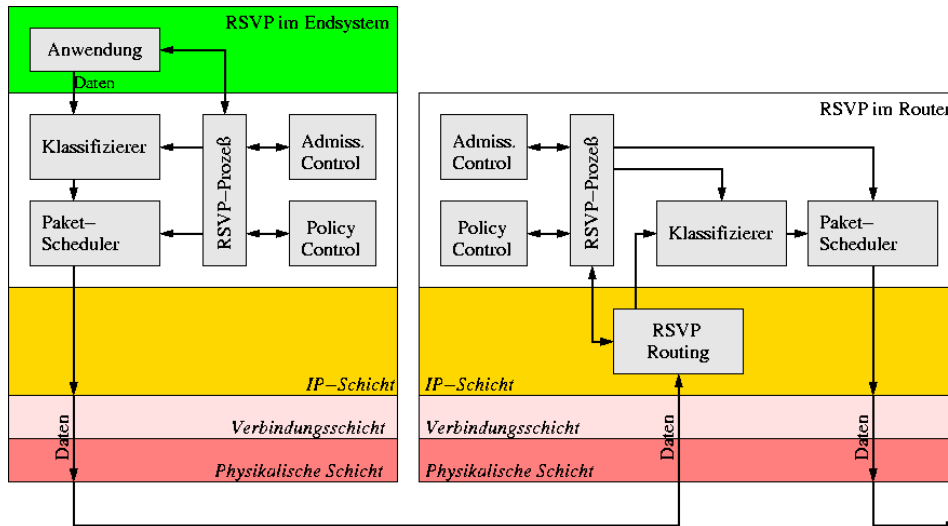


Abbildung 5.3-4: Funktionsmodule des Protokolls RSVP

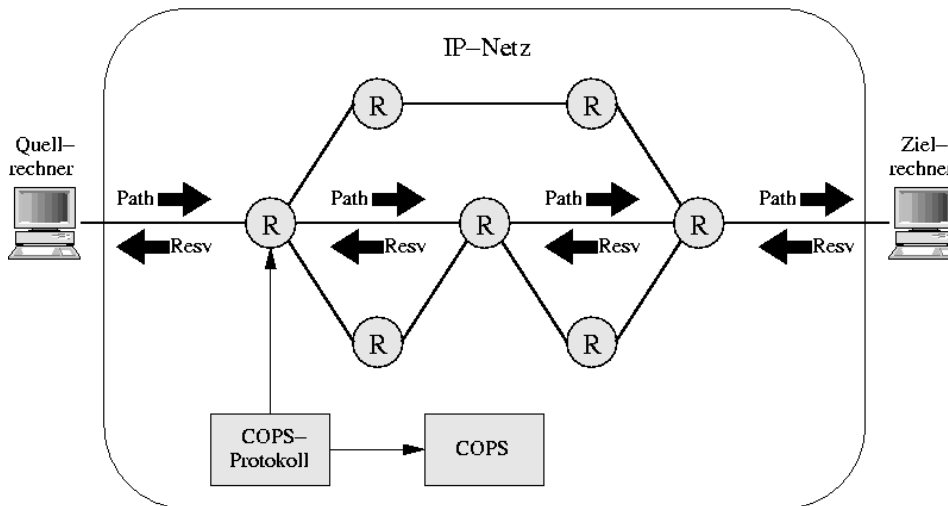


Abbildung 5.3-5: Reservierung von Ressourcen nach RSVP

Vertiefung:

Badach, A./ Hoffmann, E.: Technik der IP-Netze
 Carl Hanser Verlag München Wien, 2001, ISBN 3-446-21501-8

5.4 H.323-Protokollrahmen

5.4.1 Begriffe einer H.323-Umgebung

”H.323 - Framework and wire-protocol for multiplexed call signaling transport” herausgegeben von ITU-T

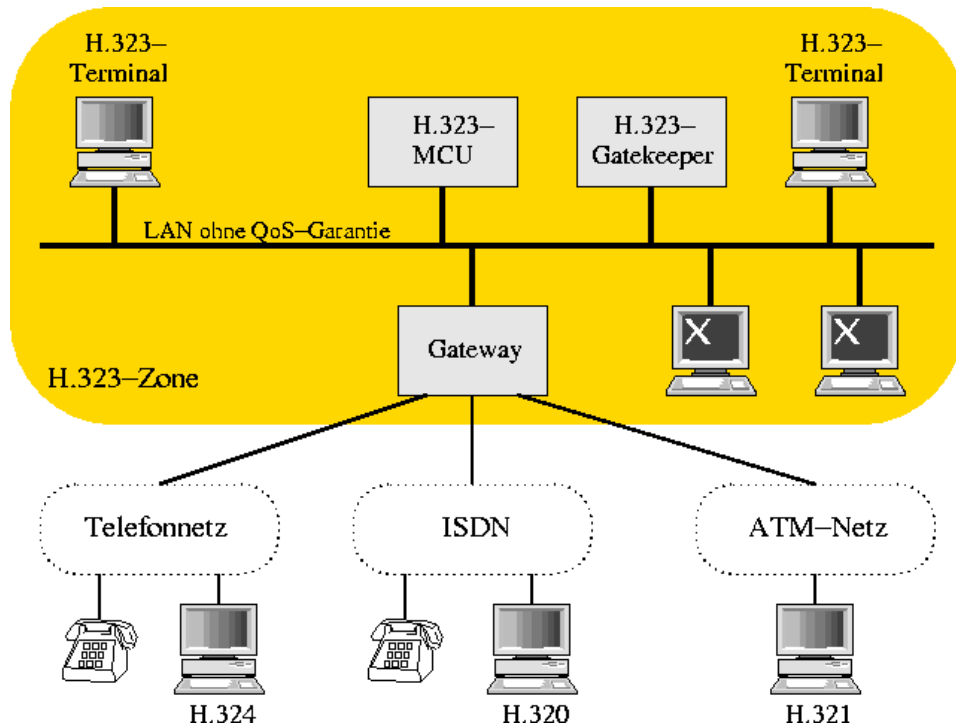


Abbildung 5.4-1: H.323-Umgebung

Terminal

- Endpunkt für Verbindungssteuerung und Medienströme
- Schnittstelle zum Nutzer
- auch als Client bezeichnet
- *multimedia PC, IP-Telefon, Videophone (H.324), PSTN, GSM-Telefon*

Gateway

- verbindet H.323-Umgebungen mit "anderen" Netz
- konvertiert Protokolle und Medienströme zwischen beiden Netzen
- *PSTN/voice gateway, PSTN/H.324 gateway, ...*

Multi-Point Control Units (MCUs)

- ermöglichen Konferenzen zwischen 3 und mehr Teilnehmern
- mischen der Sprachinformationen
- wählt "automatisch" das Videosignal des "lautesten" Sprechers
- auch als Konferenzserver bezeichnet

Endpoint

- Endpunkt für Verbindungssteuerung und Medienströme
- *Terminals aber auch Gateways, MCUs*

Gatekeeper

- Schnittstelle für Endpunkte zu weiteren Diensten (Authentifizierung, Authorisierung und Accounting) (Proxyfunktionalität)
- Weiterleiten von von Rufen
- Adressauflösung (*E.164 [internationale Telefonnummern] in routbare IP-Adresse*)

5.4.2 Verbindungssteuerung (Signaling)

Übersicht

- H.225.0-Q.931 Verbindungsauf- und -abbau zwischen Endpunkten
- H.245 Steuerung der Medieströme zwischen Endpunkten
- H.225.0-RAS Dienste zwischen Endpunkt und Gatekeeper

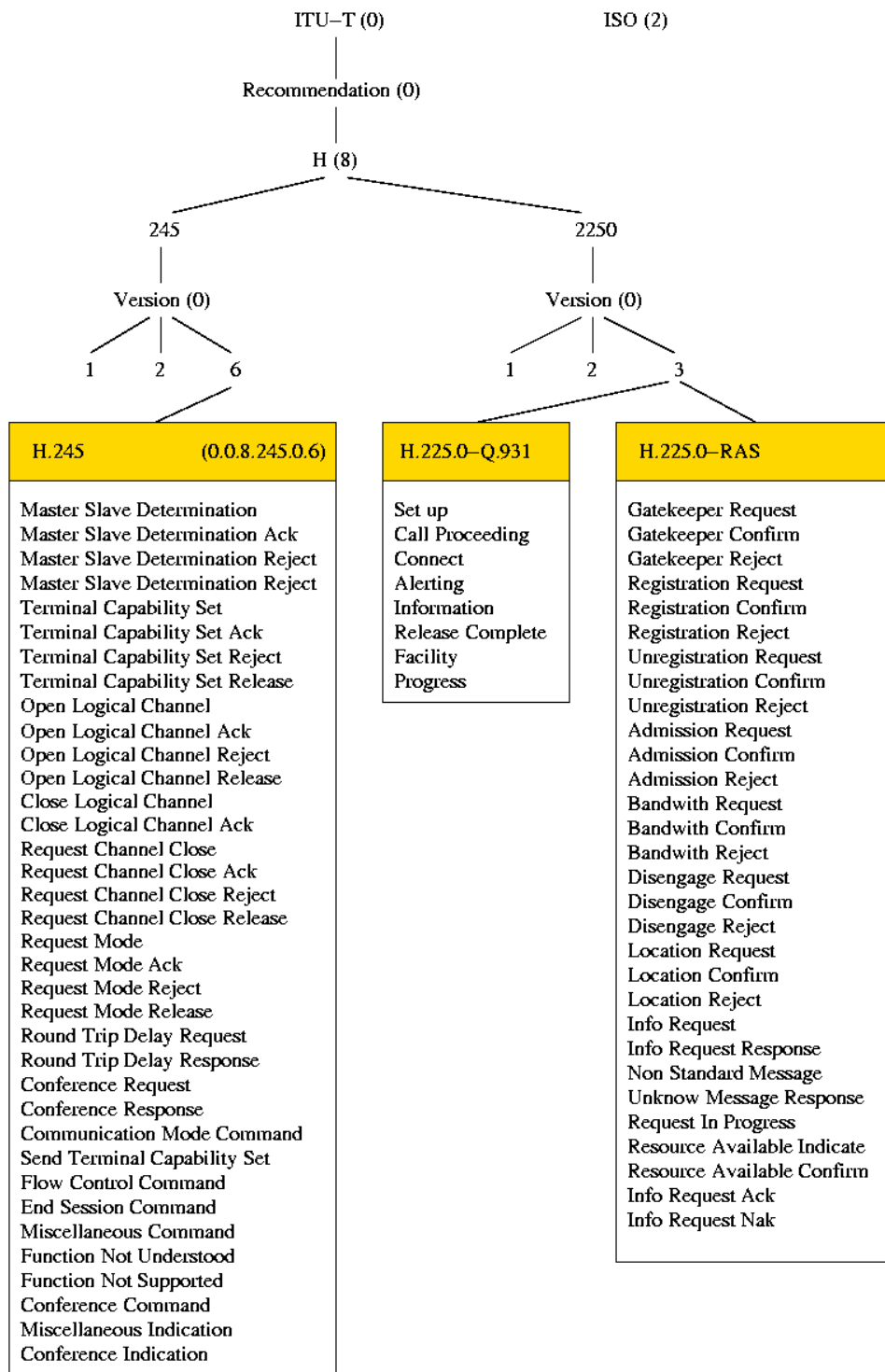


Abbildung 5.4-2: H.323 Nachrichten und Objektidentifikatoren

H.225.0-Q.931 Punkt-zu-Punkt Verbindungsauf- und abbau

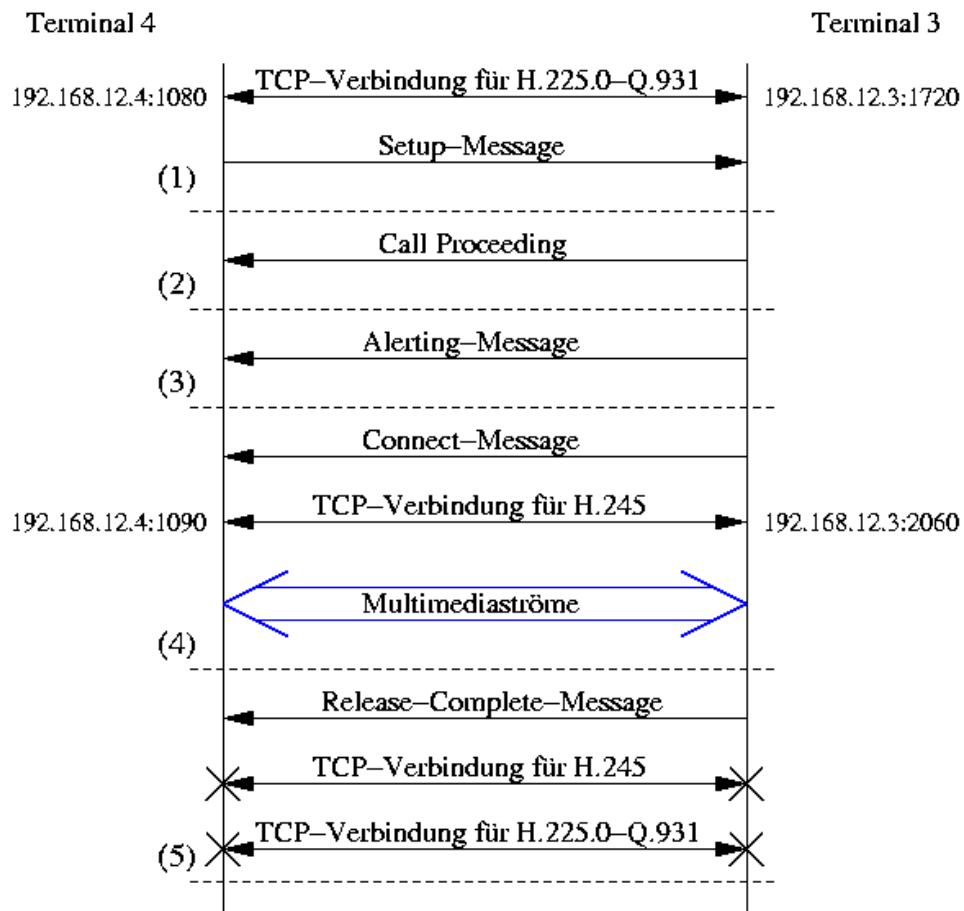


Abbildung 5.4-3: Verbindungsauf- und -abbau

- **(1) Call initiation**

- Terminal 4 öffnet TCP-Verbindung mit Terminal 3 für Verbindungssteuerungskanal
- Terminal 4 sendet *Setup-Message* mit IP-Adresse und Port für H.225.0-Q.931- und H.245-Verbindungen
- Terminal 4 warte maximal 4 sec auf Antwort für H.225.0-Q.931-Verbindungen

- **(2) Call proceeding**

- Terminal 3 antwortet auf die *Setup-Message* von Terminal 4 (optional)
- (3) **Call alerting**
 - Terminal 3 informiert Nutzer (Klingeln, Nachrichtenfenster, ...)
 - Terminal 3 sendet *Alerting-Message* an Terminal 4 ("Nutzer wurde benachrichtigt")
 - Terminal 4 empfängt die *Alerting-Message* und wartet 180sec
- (4) **Call connection**
 - Nutzer an Terminal 3 akzeptiert Verbindungswunsch, Terminal 3 schickt *Connect-Message* mit IP-Adresse und Port für H.245-Verbindungen
 - Terminal 4 informiert Nutzer über akzeptierte Verbindung
 - Terminal 4 baut H.245-Verbindung zu Terminal 3 auf
 - **H.245 initialisiert und steuert Multimediaströme**
- (5) **Call termination**
 - Nach Trennen der Verbindung durch Nutzer, oder nicht akzeptierten Verbindungswunsch senden beide Terminals *Release-Complete-Message*
 - H.245- und H.225.0-Q.931-Verbindungen werden abgebaut

H.245 - Steuerung der Medienströme

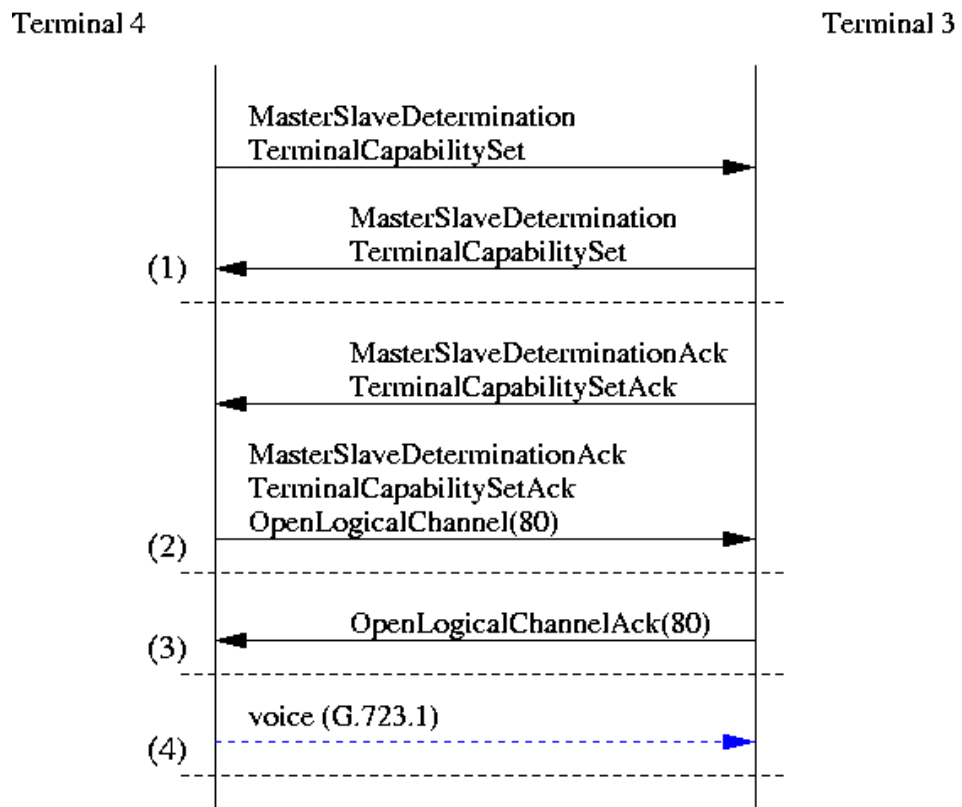


Abbildung 5.4-4: H.245 Steuerung der Medienströme

- (1) `MasterSlaveDetermination`, `TerminalCapabilitySet`
 - Terminal 4 und Terminal 3 tauschen ihre "multimedialen Fähigkeiten" aus *TerminalCapabilitySet*

Media packetization capability
 RFC 1890, Static payload type 0
 RFC 1890, Static payload type 4
 Redundancy encoding capability
 Redundancy header in payload, Primary
 encoding G.723.1
 Receive voice capability
 G.711 μ -law, 64Kbps, Maximum 960
 samples/RTP-Paket
 G.723.1 Maximum 4 frames/RTP-Paket,
 Silence suppression
 Receive video capability
 H.261, QCIF resolution, Minimum
 4/29.97s between frames,
 Maximum bit rate 30000 bps
 Receive text capability
 T.140 UDP

- Terminal 4 und 3 senden *statusDeterminationNumber* für *MasterSlaveDetermination*

- (2) **OpenLogicalChannel**

- *MasterSlaveDetermination* und *TerminalCapabilitySet* werden bestätigt *MasterSlaveDeterminationAck* und *TerminalCapabilitySetAck*
- Terminals öffnen logische Kanäle für Medienströme *OpenLogicalChannel*
- Terminal 4 sendet *OpenLogicalChannel* an Terminal 3

```
Forward logical channel number 80
G.723.1, 2 frames/RTP-Paket, Silence
supression
— Session ID 1
RTCP IP address 192.168.12.4, Port 1082
RFC 1890, Payload type 4
```

- (3) **OpenLogicalChannelAck**

- wenn Terminal 3 empfangsbereit ist, bestätigt es den logischen Kanal an Terminal 4 *OpenLogicalChannelAck*

```
Forward logical channel number 80
— RTP IP address 192.168.12.3, Port 2061
RTCP IP address 192.168.12.3, Port 2062
```

- (4) **Senden der Medienströme**

- nach Eingang von *OpenLogicalChannelAck* kann Terminal 4 einen G.723.1-kodierten Audiostrom über die vereinbarte **RTP-Verbindung** senden

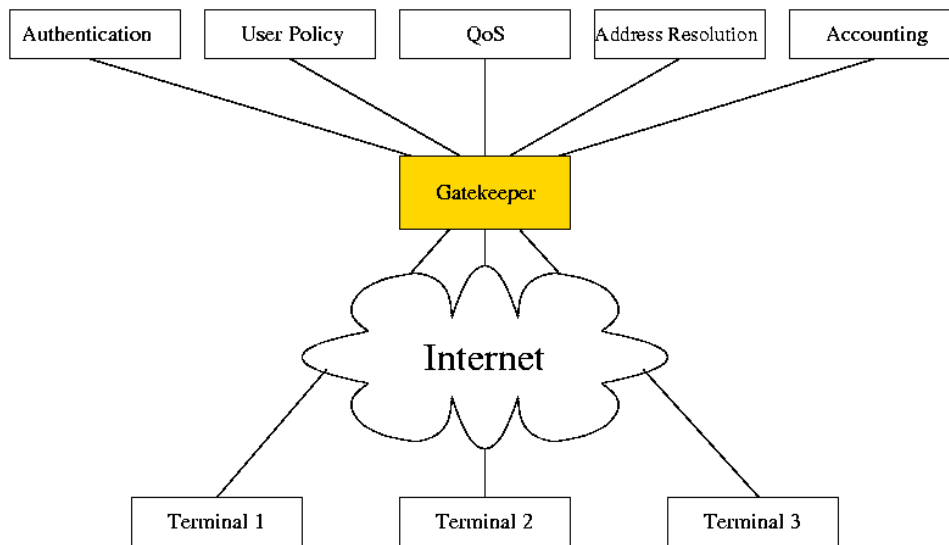
H.225.0-RAS (Registration, Admission, Status)

Abbildung 5.4-5: Terminals und Gatekeeper

- **Gatekeeper Discovery**

- manuell vorkonfigurierter Gatekeeper
- automatisch, Multicast well-known transport address 224.0.1.41:1718

- **User Registration**

- Nutzer mit aktuellem Endpunkt am Gatekeeper registrieren
- optional Passwordprüfung
- H.323 erlaubt 1 Nutzer von mehreren Endpunkten gleichzeitig und mehrere Nutzer von 1 Endpunkte gleichzeitig

- **Authentication und Message Integrity**

- Kommunikation zwischen Endpunkt und Gatekeeper kann verschlüsselt erfolgen

- sinnvoll für Passwortübertragung

- **Address Resolution**

- Identifiziere Nutzer am Name, Alias, Telefonnummer
- An welchem Endpunkt arbeitet Nutzer "X"?
- Routing zum Gateway für nicht-IP-Endpunkt (ISDN/PSTN)

- **Admission Control**

- Anruf Sperre ...

- **QoS**

- Bandbreitenanforderung durch Endpunkte
- Kommunikation mit QoS policy manager des Netzwerkes

- **Accounting**

- Gesprächsdauerabrechnung

Vertiefung:

Kumar V., Korpi M., Sengodan S.:
IP Telephony with H.323
Wiley, New York, 2001, ISBN 0-471-39343-6

5.4.3 Realtime Transport Protocol

Rückblick

- **TCP**
 - Verbindungsorientierter Datenstrom
 - Garantie in Form von Empfängerbestätigung und Sender-timeout
 - Flußkontrolle
 - Paketreihenfolge beim Empfänger geordnet, doppelte Pakete verworfen
 - Prüfsumme und Paketwiederholung
- **UDP**
 - Datagramorientiertes Protokoll (verbindungslos)
 - keine Garantie der Zustellung
 - max. Paketgröße 64K, Fragmentierung auf IP-Schicht !

Übersicht

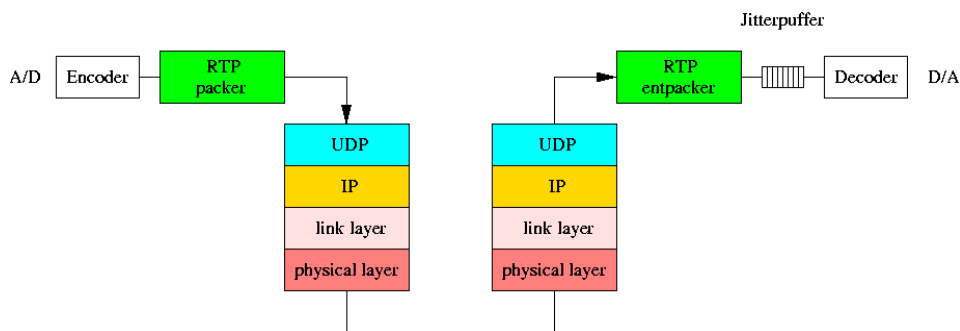


Abbildung 5.4-6: Einordnung von RTP im OSI-Schichtenmodell

- unabhängig von darunterliegender Transport- und Netzwerkschicht

- größerer Bandbreitenbedarf
- größerer Verzögerung
- Bsp:
 - primäre Nutzdaten: G.711 (64 Kbps)
 - 2 sekundäre Nutzdaten: G.723.1 (5.3 Kbps)
 - +16.3 %
- nur bei Verlust einzelner Pakete sinnvoll
- ungeeignet in schmalbandigen Netzen (Modemverbindung)

Payload-Format mit Fehlerkorrektur

- Generieren eines Forward-Error-Correction (FEC) Pakets zu RTP-Paketen
- verschiedene FEC-Algorithmen möglich (Parität, Hamming Code, ...)
- Übertragen des FEC-Paketes auf separater RTP-Session
- größerer Bandbreitenbedarf
- größerer Verzögerung

Synchronisation von Datenströmen

- RTP erfordert separate Sessions (UDP-Ports) für die Übertragung von Audio- und Videoinformationen
- -> keine Synchronisation der Datenströme
- Synchronisation erfolgt über Referenzzeit (Zeitstempel)

- Datenströmen von gleichem Endpunkt, Systemzeit
- Datenströme verschiedener Endpunkte, Network Time Protocol (NTP) und RTCP

statische RTP-Payload Typen (Auszug)

Payload	Codec	Bescheibung
0	PCMU	G.711 PCM μ -law Audio 64 Kbps
1	1016	CELP Audio 4.8 Kbps
2	G721	G.721 ADPCM Audio 32 Kbps
3	GSM	GSM Audio 13.2 Kbps
8	PCMA	G.711 PCM A-law Audio 64 Kbps
11	G722	Linear PCM 16Bit Stereo Audio 1.411 Mbps (CD-DA)
29	NV	nv Video
31	H261	H.261 Video
32	MPV	MPEG-I und MPEG-II Video

Vertiefung:

RFC 1889 RTP: A Transport Protocol for Real-Time Applications

RFC 1890 RTP Profile for Audio and Video Conferences with Minimal Control

5.4.4 Realtime Transport Control Protocol

- Begleitprotokoll zu RTP
- entwickelt für "große" Konferenzen mit 1000 Teilnehmern
- Statistische Informationen über Qualität des Netzwerkes für RTP-Übertragung
 - Sender verschickt **Senderreports** (*sender report*) an Empfänger
 - Empfänger verschicken periodisch **Empfangsreports** (*receiver report*)
 - Anpassung des Senders an Übertragungscharakteristik (temporär FEC-Pakete)
- Informationen über Teilnehmer einer Session (Name, Email, Telefon, ...)
- SSRC Kollisionserkennung und -auflösung

RTCP-Pakettypen

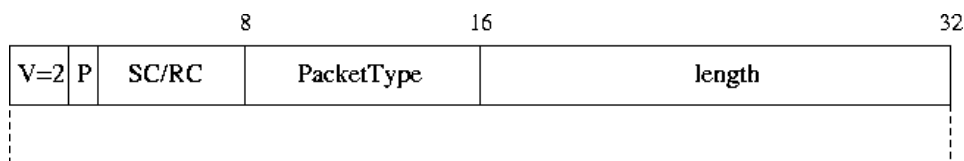


Abbildung 5.4-8: Prinzipdarstellung RTCP-Paketkopf

- **Source Description RTCP-Paket**
 - Nutzernamen, Email, Telefon, ...
 - *PacketType=202*

- **Sender Report RTCP-Paket**

- NTP Zeitstempel
- RTP Zeitstempel (Synchronisation mit NTP)
- Anzahl gesendete RTP-Pakete
- Anzahl gesendete Byte (nur Payload)
- *PacketType=200*

- **Receiver Report RTCP-Paket**

- SSRC
- Anzahl verlorene Pakete
- durchschnittlich Jitter
- Zeitstempel des letzten Sender Reports (LSR)
- Verzögerung zwischen Empfang Sender Report und Versand Receiver Report
- *PacketType=201*

- **Goodbye RTCP-Paket**

- Liste von SSRC
- Text (Grund, Ursache)
- *PacketType=203*

5.5 SIP Session Initiation Protocol

5.5.1 Einordnung

Signalisierungsprotokoll für Aufbau, Modifikation und Abbau von Multimediaübertragungen im IP-Umfeld.

History

- entwickelt von IETF Multi-Party Multimedia Session Control Working Group (MMUSIC)
- 1997 Version 1.0 als Internet Draft
- 1998 Version 2.0
- März 1999 RFC 2543
- Oktober 2001 RFC 2543bis-05

Einordnung im IP-Stack

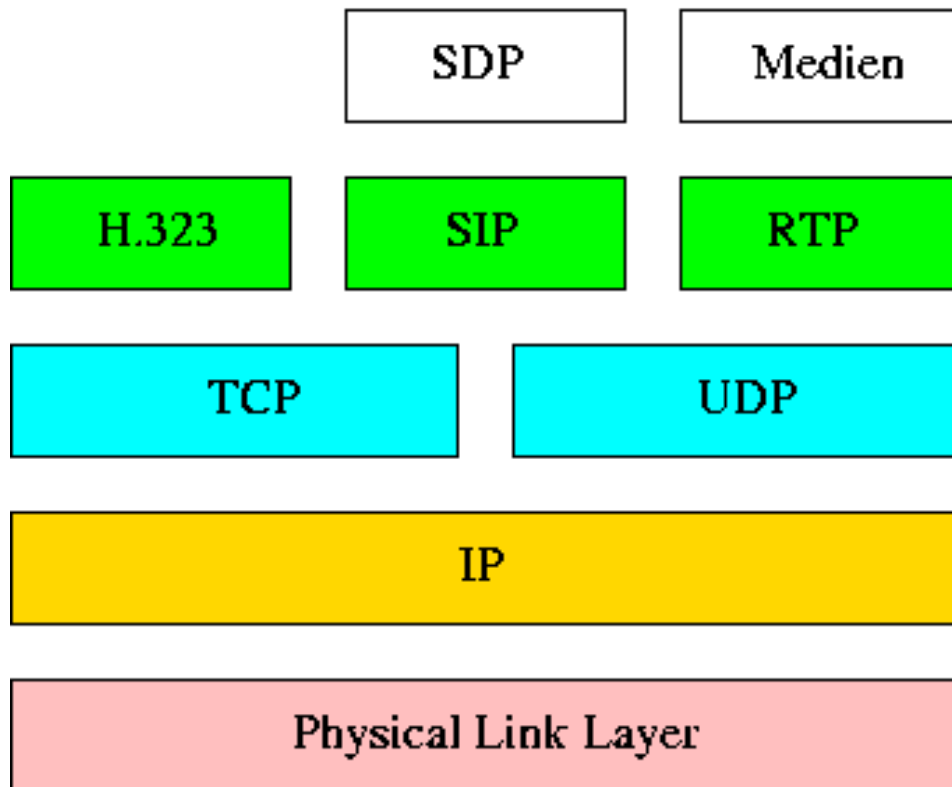


Abbildung 5.5-1: SIP im IP-Stack

Elemente in SIP

- HTTP: Client-Server-Konzept, URLs
- SMTP: Headerformat (*To*, *From*, *Subject* ...), Textkodierung

SIP URLs

- zur Identifikation von Quelle und Ziel benutzt
- vergleichbar mit *mailto:*
- **sip:username@host.domain[:port;alternativ_param=value]**

- well-known Port: 5060
- alternative Parameter
 - transport=udp (Standard)
 - user=phone (interpretiert username als Telefonnummer)
 - ...

Vertiefung:

SIP Links

[\[http://www.cs.columbia.edu/sip/\]](http://www.cs.columbia.edu/sip/)

Alan B. Johnston.:

SIP Understanding the Session Initiation Protocol

Artech House, Inc., 2001, ISBN 1-58053-168-7

5.5.2 Einfaches Beispiel

- Endgeräte: SIP-Telefon, PC, Handheld, Palmtop, usw. am IP-Netzwerk
- IP-Adresse des Partners bekannt

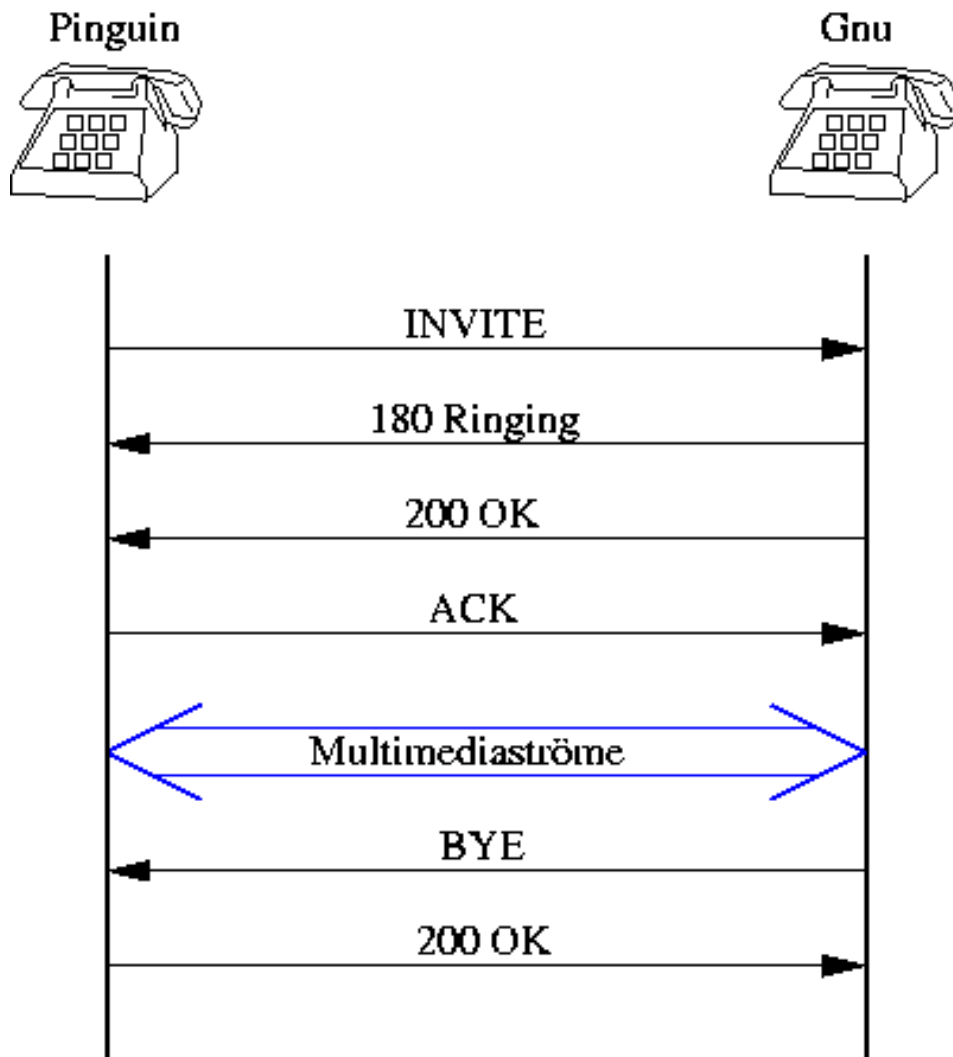


Abbildung 5.5-2: Einfaches SIP-Beispiel

- **INVITE**

```

INVITE sip:Gnu@spielberg.hrz.tu-
chemnitz.de SIP/2.0
Via: SIP/2.0/UDP herakles.hrz.tu-
chemnitz.de:5060
From: <sip:Pinguin@herakles.hrz.tu-
chemnitz.de>
To: <sip:Gnu@spielberg.hrz.tu-
chemnitz.de>
Call-ID: 1240819833@134.109.200.76
CSeq: 1 INVITE
Contact: <sip:Pinguin@134.109.200.76>
Content-Type: application/sdp
Content-Length: 140

v=0
o=Pinguin 379940992 379940992 IN IP4
134.109.200.76
s=Our conversation
c=IN IP4 134.109.200.76
t=0 0
m=audio 7078 RTP/AVP 8 0 3 4

```

- **INVITE** = Requestmethode
- **Via:** repräsentiert initiiierenden oder weiterleitenden Host
- **From:, To:, Call-ID:** = **call leg**, Identifikation eines Rufes
- Nachrichteninhalt (body) als **Session Description Protocol (SDP)**

- ->enthält Parameter der Mediensitzung von *Pinguin*

- **180 Ringing**

```
SIP/2.0 180 Ringing
Via: SIP/2.0/UDP herakles.hrz.tu-
chemnitz.de:5060
From: <sip:Pinguin@herakles.hrz.tu-
chemnitz.de>
To: <sip:Gnu@spielberg.hrz.tu-
chemnitz.de>
Call-ID: 1240819833@134.109.200.76
CSeq: 1 INVITE
Contact: <sip:Gnu@134.109.200.138:5060>
Content-Length: 0
```

- **180** = Nachrichtenklasse
- **Via, From, To, Call-ID** einfach kopiert
- **From** und **To** werden **NICHT** getauscht, Erkennung des Anrufers
- *Gnu* wurde informiert

- **200 OK**

```

SIP/2.0 200 OK
Via: SIP/2.0/UDP herakles.hrz.tu-
chemnitz.de:5060
From: <sip:Pinguin@herakles.hrz.tu-
chemnitz.de>
To: <sip:Gnu@spielberg.hrz.tu-
chemnitz.de>
Call-ID: 1240819833@134.109.200.76
CSeq: 1 INVITE
Contact: <sip:Gnu@134.109.200.138:5060>
content-type: application/sdp
Content-Length: 132

v=0
o=Gnu 921983267 921983267 IN IP4
134.109.200.138
s=Our conversation
c=IN IP4 134.109.200.138
t=0 0
m=audio 7078 RTP/AVP 8

```

- *Gnu* hat Anruf angenommen
- Mediensitzung von *Pinguin* wurde akzeptiert
- Nachrichteninhalt: Parameter der Mediensitzung von *Gnu*

- **ACK**

```
ACK sip:Gnu@spielberg.hrz.tu-  
chemnitz.de SIP/2.0  
Via: SIP/2.0/UDP herakles.hrz.tu-  
chemnitz.de:5060  
From: <sip:Pinguin@herakles.hrz.tu-  
— chemnitz.de>  
To: <sip:Gnu@spielberg.hrz.tu-  
chemnitz.de>  
Call-ID: 1240819833@134.109.200.76  
CSeq: 1 ACK  
Content-Length: 0
```

– Mediensitzung von *Gnu* wurde akzeptiert

– Aufbau der Medienverbindung zwischen *Pinguin* und *Gnu*

- **BYE**

```

BYE sip:Pinguin@herakles.hrz.tu-
chemnitz.de SIP/2.0
Via: SIP/2.0/UDP spielberg.hrz.tu-
chemnitz.de:5060
From: <sip:Gnu@spielberg.hrz.tu-
chemnitz.de>
- To: <sip:Pinguin@herakles.hrz.tu-
chemnitz.de>
Call-ID: 1240819833@134.109.200.76
CSeq: 2 BYE
Contact: <sip:Gnu@134.109.200.138>
Content-Length: 0

```

- **BYE** = Requestmethode
- Auflegen wurde von *Gnu* ausgelöst

- **200 OK**

```

SIP/2.0 200 OK
Via: SIP/2.0/UDP spielberg.hrz.tu-
chemnitz.de:5060
From: <sip:Gnu@spielberg.hrz.tu-
chemnitz.de>
- To: <sip:Pinguin@herakles.hrz.tu-
chemnitz.de>
Call-ID: 1240819833@134.109.200.76
CSeq: 2 BYE
Content-Length: 0

```

- Auflegen wurde von *Penguin* bestätigt

Requestmethoden

INVITE	Anruf, Einladung zu einer Sitzung
ACK	Bestätigung eines Anrufes (final response)
OPTIONS	Abfragen der Terminaleigenschaften
BYE	Auflegen
CANCEL	Abbrechen, NICHT zum Beenden einer Sitzung
REGISTER	Registrierung eines Klienten an einem Server

Nachrichtenklassen

Informational 1xx
100 Trying
180 Ring
181 Call Is Being Forwarded
182 Queued
Successful 2xx
200 OK
Redirection 3xx
300 Multiple Choices
301 Moved Permanently
302 Moved Temporarily
305 Use Proxy
380 Alternative Service
Request Failure 4xx
400 Bad Request
401 Unauthorized
402 Payment Required
403 Forbidden
404 Not Found
405 Method Not Allowed
406 Not Acceptable
407 Proxy Authentication Required
408 Request Timeout
409 Conflict
410 Gone
411 Length Required
413 Request Entity Too Large
414 Request-URI Too Long
415 Unsupported Media Type
164 420 Bad Extension
480 Temporarily Unavailable
481 Call Leg/Transaction Does Not Exist
482 Loop Detected
483 Too Many Hops

Vertiefung:

RFC 2543 SIP: Session Initiation Protocol

5.5.3 SIP Proxy Server

- IP-Adresse des Partners unbekannt
- SIP-Proxy zwischen beiden Teilnehmern
- Weiterleiten der SIP-Nachrichten
- mehrere Proxy in einem Signalweg möglich
- *SIP-URL Domain muß einen Hostname für den Proxy auflösen können*

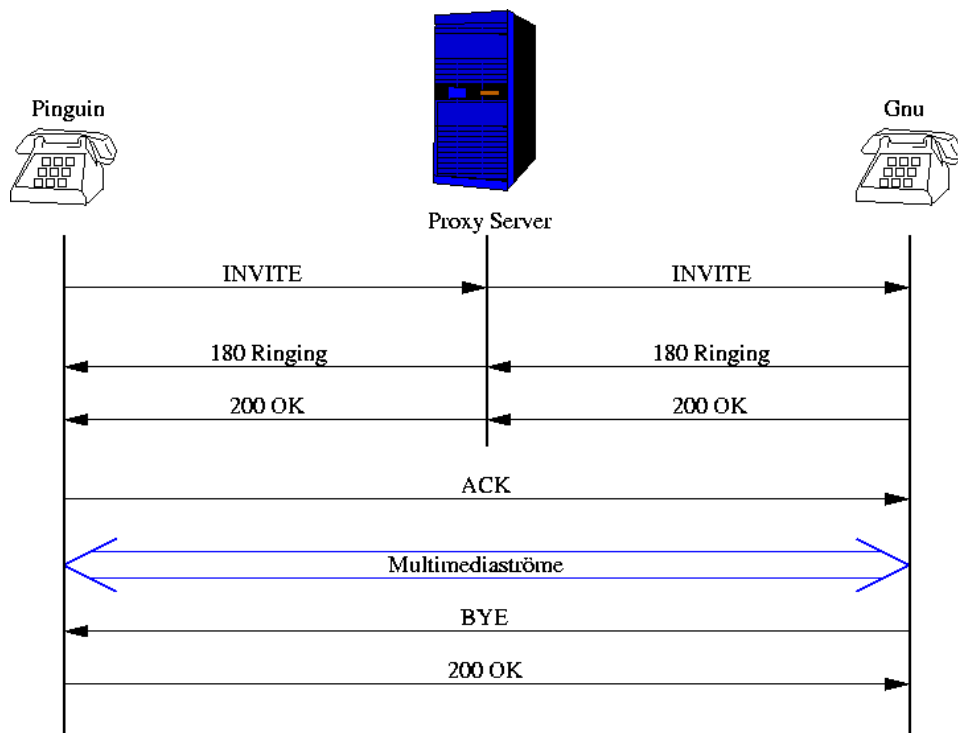


Abbildung 5.5-3: SIP Proxy Server

- **INVITE** (Pinguin ->Proxy)

```
INVITE sip:Gnu@hrz.tu-chemnitz.de
SIP/2.0
Via: SIP/2.0/UDP herakles.hrz.tu-
chemnitz.de:5060
From: <sip:Pinguin@hrz.tu-chemnitz.de>
To: <sip:Gnu@hrz.tu-chemnitz.de>
— Call-ID: 1240819833@134.109.200.76
CSeq: 1 INVITE
Contact: <sip:Pinguin@134.109.200.76>
Content-Type: application/sdp
Content-Length: xxx

SDP-DATA
```

- **INVITE** (Proxy ->Gnu)

```
INVITE sip:Gnu@spielberg.hrz.tu-
chemnitz.de SIP/2.0
Via: SIP/2.0/UDP sip-proxy.tu-
chemnitz.de:5060;branch=835671.1
Via: SIP/2.0/UDP herakles.hrz.tu-
chemnitz.de:5060
From: <sip:Pinguin@hrz.tu-chemnitz.de>
– To: <sip:Gnu@hrz.tu-chemnitz.de>
Call-ID: 1240819833@134.109.200.76
CSeq: 1 INVITE
Contact: <sip:Pinguin@134.109.200.76>
Content-Type: application/sdp
Content-Length: xxx

SDP-DATA
```

- Proxy sucht in seiner Datenbasis IP-Adresse für *sip:Gnu@hrz.tu-chemnitz.de*
- INVITE-Request wird um eine Via-Zeile ergänzt
- Weg des INVITE-Requests wird in Folge von Via-Zeilen festgehalten
- *Gnu* erkennt daran, das INVITE über Proxy weitergeleitet

- **180 Ringing** (Gnu ->Proxy)

```
SIP/2.0 180 Ringing
Via: SIP/2.0/UDP sip-proxy.tu-
chemnitz.de:5060;branch=835671.1
Via: SIP/2.0/UDP herakles.hrz.tu-
chemnitz.de:5060
From: <sip:Pinguin@hrz.tu-chemnitz.de>
To: <sip:Gnu@hrz.tu-
chemnitz.de>;tag=672415
Call-ID: 1240819833@134.109.200.76
CSeq: 1 INVITE
Contact: <sip:Gnu@134.109.200.138:5060>
Content-Length: 0
```

- Antwort wird an erste Via-Zeile verschickt (Proxy)

- To-Zeile wird um tag ergänzt, um **call leg** eindeutig zu identifizieren

- **180 Ringing** (Proxy ->Pinguin)

```
SIP/2.0 180 Ringing
Via: SIP/2.0/UDP herakles.hrz.tu-
chemnitz.de:5060
From: <sip:Pinguin@hrz.tu-chemnitz.de>
To: <sip:Gnu@hrz.tu-
chemnitz.de>;tag=672415
Call-ID: 1240819833@134.109.200.76
CSeq: 1 INVITE
Contact: <sip:Gnu@134.109.200.76:5060>
Content-Length: 0
```

- Proxy erkennt eigene Adresse in Via-Zeile und entfernt diese

Registrierung

Woher weiß der Proxy Server die aktuelle IP-Adresse von "*sip:Gnu@hrz.tu-chemnitz.de*"?

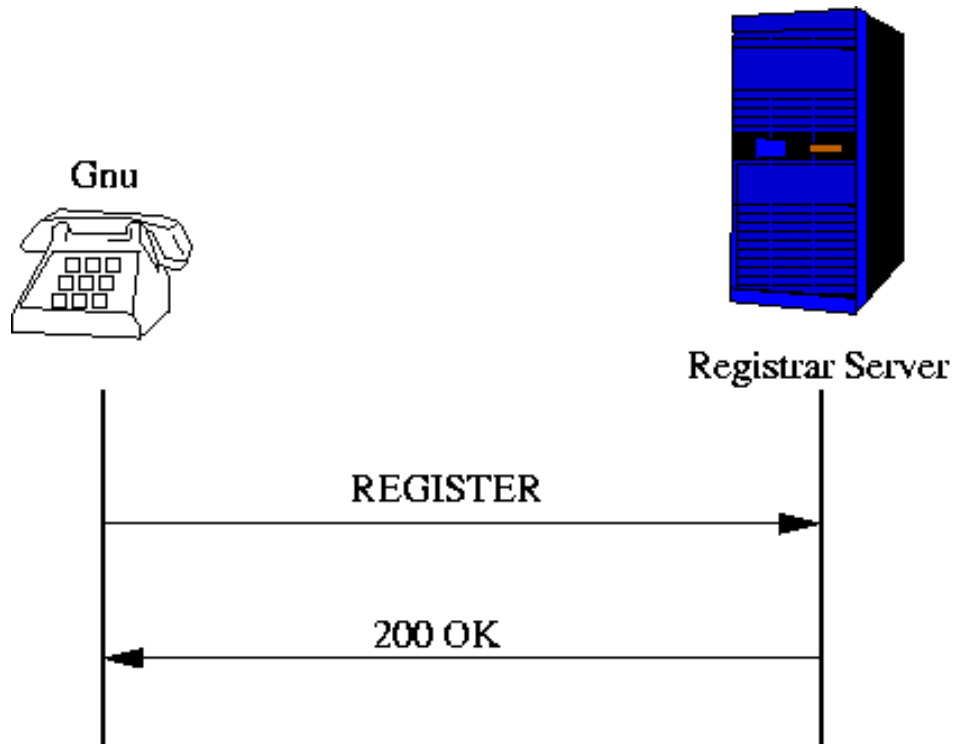


Abbildung 5.5-4: SIP Registrar Server

- REGISTER

```
REGISTER sip:registrar.hrz.tu-
chemnitz.de SIP/2.0
Via: SIP/2.0/UDP 134.109.200.138:5060
From: <sip:Gnu@hrz.tu-chemnitz.de>
To: <sip:Gnu@hrz.tu-chemnitz.de>
Call-ID: 1386512342@134.109.200.138
CSeq: 1 REGISTER
Contact: <sip:Gnu@134.109.200.138>
expires: 900
Content-Length: 0
```

- 200 OK

```
SIP/2.0 200 OK
Via: SIP/2.0/UDP 134.109.200.138:5060
From: <sip:Gnu@hrz.tu-chemnitz.de>
To: <sip:Gnu@hrz.tu-chemnitz.de>
Call-ID: 1386512342@134.109.200.138
CSeq: 1 REGISTER
Contact: <sip:Gnu@134.109.200.138>
Expires: 900
Content-Length: 0
```

- Abmeldung: Expires: 0

Vertiefung:

Open Source SIP

[\[http://osip.atosc.org/\]](http://osip.atosc.org/)

5.5.4 SIP Redirect Server

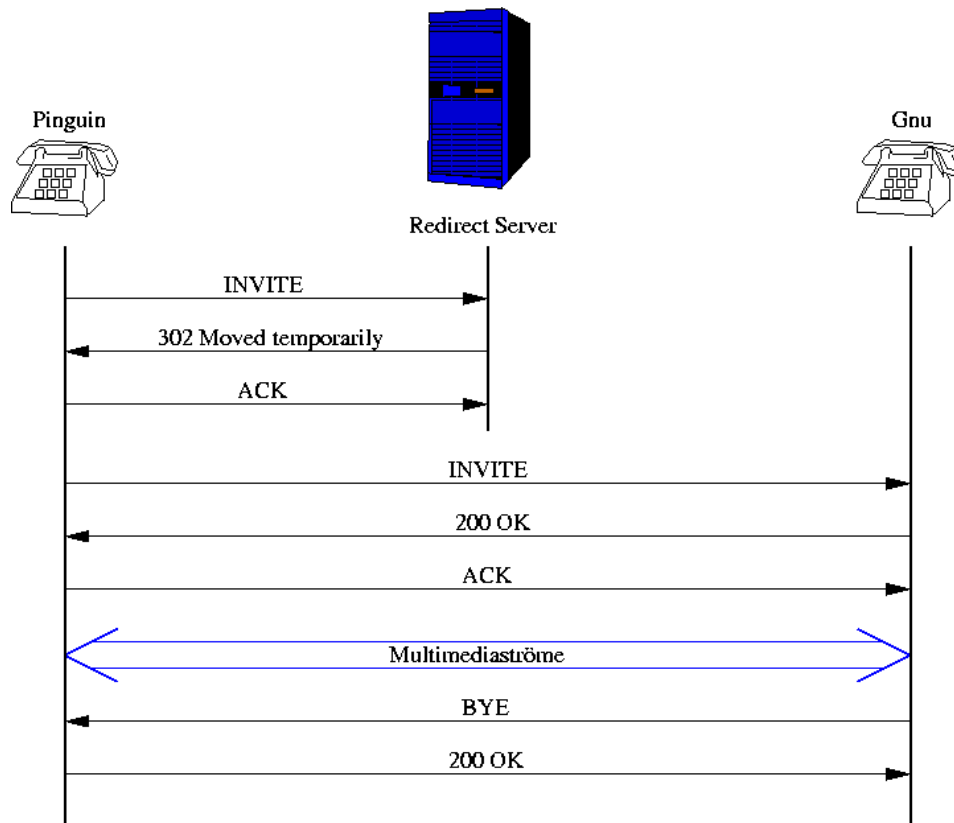


Abbildung 5.5-5:

- **INVITE**

```
INVITE sip:Gnu@hrz.tu-chemnitz.de
SIP/2.0
Via: SIP/2.0/UDP herakles.hrz.tu-
chemnitz.de:5060
From: <sip:Pinguin@hrz.tu-chemnitz.de>
To: <sip:Gnu@hrz.tu-chemnitz.de>
Call-ID: 932226057@134.109.200.76
CSeq: 1 INVITE
Contact: <sip:Pinguin@134.109.200.76>
Content-Type: application/sdp
Content-Length: 143

v=0
o=Pinguin 1722544933 1722544933 IN IP4
134.109.200.76
s=Our conversation
c=IN IP4 134.109.200.76
t=0 0
m=audio 7078 RTP/AVP 3 4 8 0
```

- **302 Moved Temporarily**

```

SIP/2.0 302 Moved Temporarily
Via: SIP/2.0/UDP herakles.hrz.tu-
chemnitz.de:5060
From: <sip:Pinguin@hrz.tu-chemnitz.de>
To: <sip:Gnu@hrz.tu-
— chemnitz.de>;tag=3fa47c
Call-ID: 932226057@134.109.200.76
CSeq: 1 INVITE
Contact: <sip:Gnu@134.109.200.138>
Server: oSIP-registrar/0.2.1
Content-Length: 0

```

- **Contact:** enthält Information über die IP von *Gnu*
- mehrere Contact-Zeilen möglich
- -> mehrere Anrufversuche von *Pinguin*

• ACK

```

ACK sip:Gnu@hrz.tu.chemnitz.de SIP/2.0
Via: SIP/2.0/UDP herakles.hrz.tu-
chemnitz.de:5060
From: <sip:Pinguin@hrz.tu-chemnitz.de>
To: <sip:Gnu@hrz.tu-
— chemnitz.de>;tag=3fa47c
Call-ID: 932226057@134.109.200.76
CSeq: 1 ACK
Contact: <sip:Pinguin@134.109.200.76>
Content-Length: 0

```

Transportprotokoll

- **UDP**

- 1 SIP-Nachricht = 1 Datagramm
- Sendewiederholung (Retransmission Timer)
- Bestätigung durch ACK

- **TCP**

- TCP-Verbindungsaufbau
- typisches SIP-Protokollszenario
- TCP-Verbindungsabbau nach SIP-ACK

Verschlüsselung

- Verschlüsselung von Header und Nachricht möglich
- nicht alle Proxy unterstützen Headerverschlüsselung

Multicast Unterstützung

- Registration an well-know Adresse "Alle SIP-Server" *sip:sip.mcast.net* (224.0.1.75)
- Multicast INVITE, Gruppe zu einer Konferenz einladen
- Multicast Mediensitzung, keine MCU erforderlich

5.5.5 H.323-SIP Interoperabilität

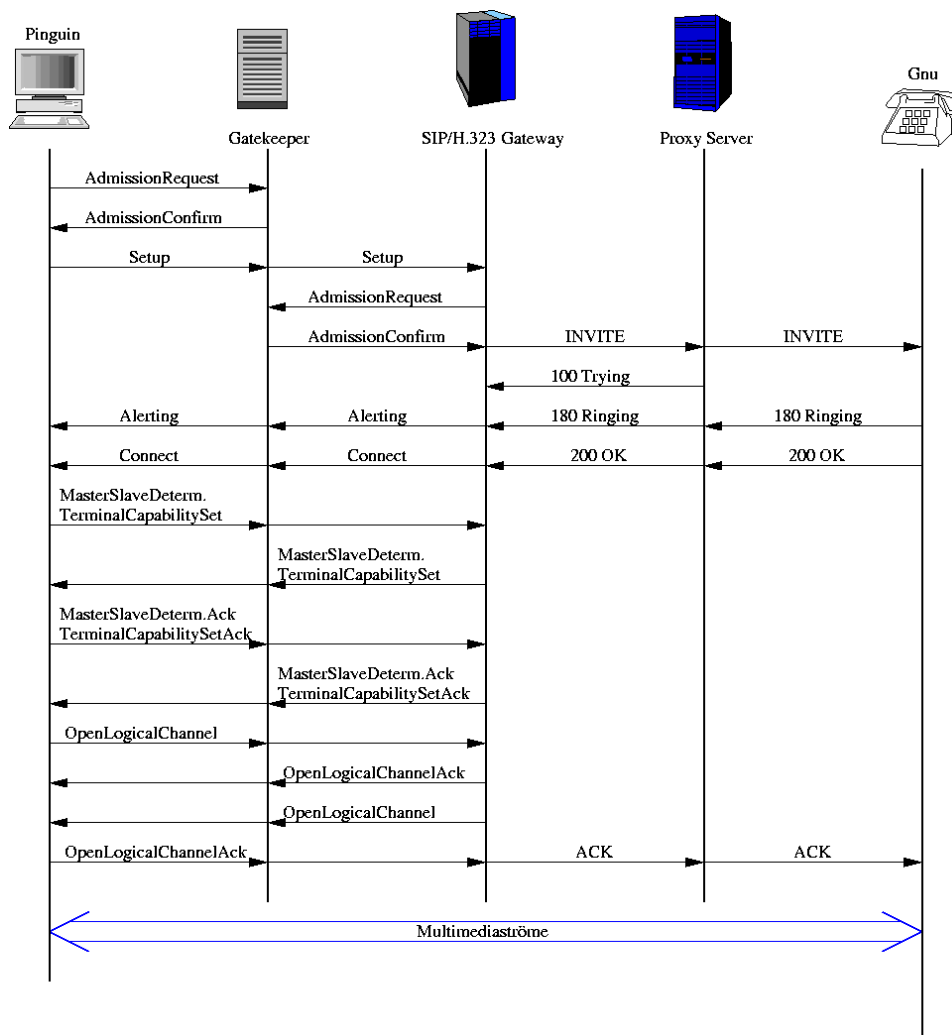


Abbildung 5.5-6: H.323-SIP Verbindungsaufbau

- Aushandlung der Medienströme:
 - SIP-Client ->Gateway: 200 OK-Nachricht
 - H.323-Client ->Gateway: OpenLogicalChannel
 - Gateway ->H.323-Client: OpenLogicalChannel
 - Gateway ->SIP-Client: ACK-Nachricht

Vergleich

	SIP	H.323
Transportprotokoll	TCP, UDP, ...	TCP
Mehrpunktkonferenzen	IP Multicast	MCU
Protokollkodierung	Text	Binär (ASN.1)
Spezifikation	nur Signalisierung	Rahmenprotokoll (alle Kommunikationsaspekte)
Netzwerk	IP und PSTN	vorangig PSTN
Herstellersupport	steigend	favorisiert

5.5.6 SDP Session Description Protocol

History

- entwickelt von IETF MMUSIC
- RFC 2327
- Beschreibung von Multicast-Sessions (Sitzungsankündigung)

Beispiel

```
v=0
o=anhe 3219717897 3219717989 IN IP4
herakles.hrz.tu-chemnitz.de
s=SDP Tutorial
i=Vorlesung Multimedia Netz Praxis, Kapitel
SIP, SDP
u=http://www.tu-chemnitz.de/urz/lehre/mmn
e=Andreas Heik <andreas.heik@hrz.tu-
chemnitz.de>
p=+49 371 531 1723
t=3219733800 3219741000 # 13.01.2004 11:30
- 13.01.2004 13:00
m=audio 28824 RTP/AVP 0
c=IN IP4 239.255.120.28/15
m=video 56596 RTP/AVP 31
c=IN IP4 239.255.72.246/15
```

Elemente

Element	Bescheibung	
v=	Protokollversion	*
o=	Eigentümer, Ersteller, Sitzungsidentifikator	*
s=	Sitzungsname	*
i=	Sitzungsinformationen, Beschreibung	
u=	URL, Webadresse	
e=	Emailadresse	
p=	Telefonnummer	
c=	Verbindungsinformation, Protokoll, IP, Port	*
b=	Bandbreiteninformation	
t=	Zeit, Sitzungsbeginn und -ende	*
r=	Wiederkehrende Zeiten (täglich)	
z=	Zeitzone	
k=	Verschlüsselungskey	
a=	Attribute	
m=	Medieninformationen	*
a=	Attribute	

**- obligatorische Elemente*

Vertiefung:

RFC 2327 SDP: Session Description Protocol

5.6 Voice over IP

- **Internet-Telefonie**
- Integration der Sprachkommunikation über IP-Netze



Abbildung 5.6-1: Kommunikationen zwischen PCs

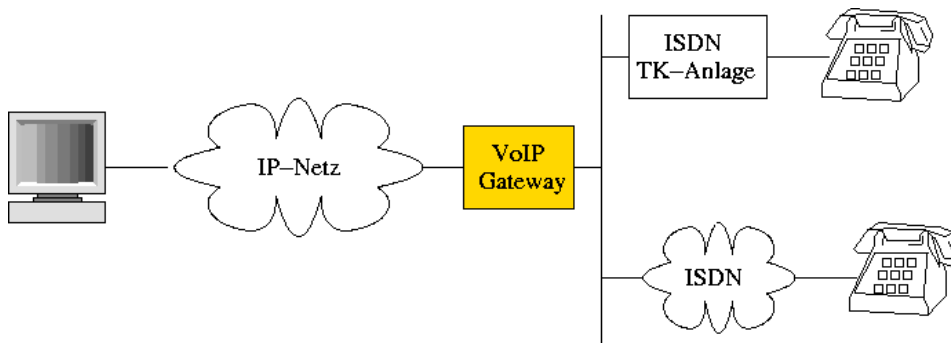


Abbildung 5.6-2: Kommunikation zwischen PC und Telefon

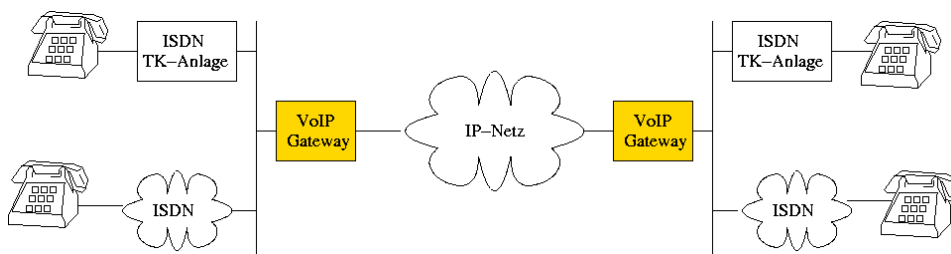


Abbildung 5.6-3: Kommunikationen zwischen Telefonen über IP-Netz

virtuelle TK-Anlage

- Nachbildung einer Telefonanlage durch Software-Lösung
- Betrieb von IP-Telefonen am Datennetz
- Steuerung der IP-Telefone vom PC
- Softwarelösung, PC als IP-Telefon
- komfortable Verzeichnisdienste
- Einsparungen:
 - herkömmliche TK-Anlage
 - Telefonverkabelung
 - interne, aber standortübergreifende Gespräche kostenlos

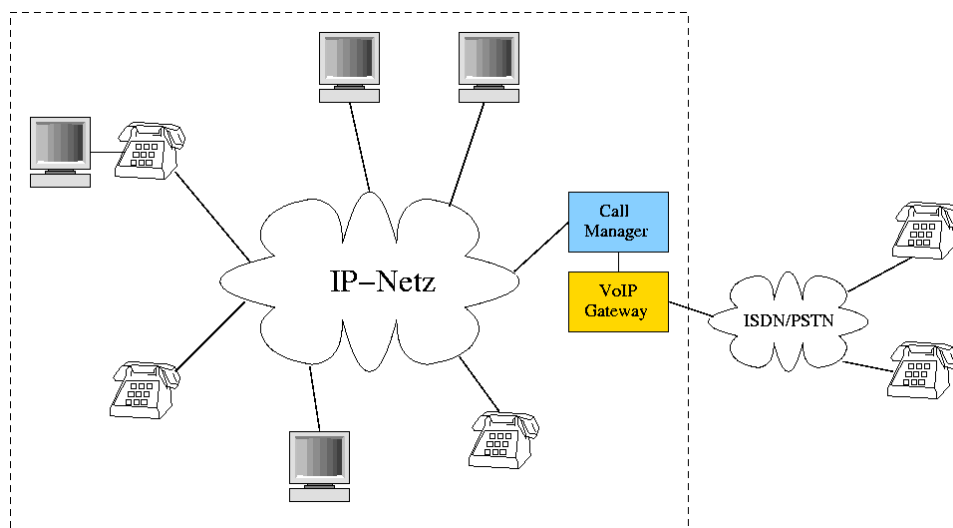


Abbildung 5.6-4: virtuelle TK-Anlage

VoIP-Gateway

- Funktions als Medienkonverter

- Umsetzung der ISDN-Signalisierung (Q.930, Q.931) in H.323-Signalisierung (H.225.0-Q.931)
- Umsetzung des ISDN-Medienstromes (G.711 A-law) in H.323-Medienstrom (IP[UDP[RTP]]-Pakete)

Call Manager (Soft PBX)

- nutzerspezifische Erweiterungen von Call-Aktivitäten
 - Rufweiterleitung
 - Anklopfen
 - Makeln
- betriebspezifische Auswertung
 - Abrechnung
 - Statistik (Betriebsdaten, Fehler, ...)

Vertiefung:

[Vovida.org](http://www.vovida.org)

[\[http://www.vovida.org/\]](http://www.vovida.org/)

6 MBONE - multicastbasierte Anwendungen

6.1 Grundlagen

6.1.1 Begriffe

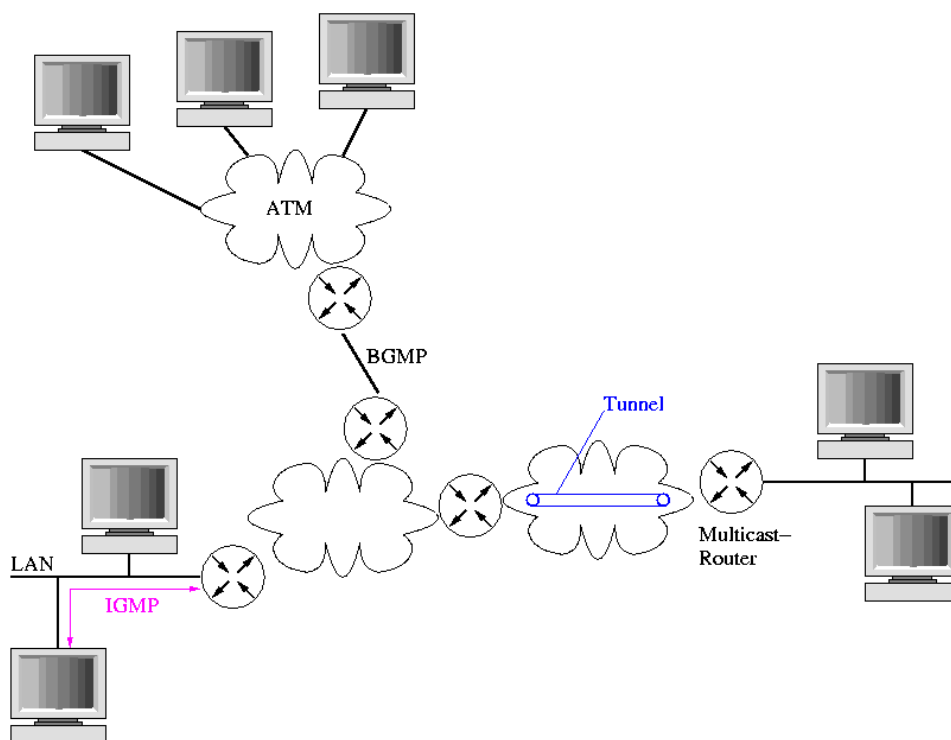


Abbildung 6.1-1: Multicast Übersicht

Multicast-Daten senden ...

- statt Zielhost wird an **logische Multicast-Adresse** (Gruppe) gesendet

Multicast-Daten empfangen ...

- Empfänger muß der Multicast-Gruppe beitreten (join)

IGMP Internet Group Management Protocol

- Empfänger wünscht Bereitstellung einer Multicast-Gruppe beim zuständigen Multicast-Router

Kommunikationsprotokolle

- Distance Vector Multicast Routing Protocol (DVMRP)
- Protocol Independent Multicast (PIM)

Tunnel

- Überbrücken nicht multicastfähiger Netze

autonomes System

- verschiedene Netzprovider nutzen unabhängig unterschiedliche Routingprotokolle
- -> Domäne eines Providers

Border Gateway Multicast Protocol (BGMP)

- Kommunikation zwischen Border-Routern verschiedener autonomer Systeme

Vertiefung:

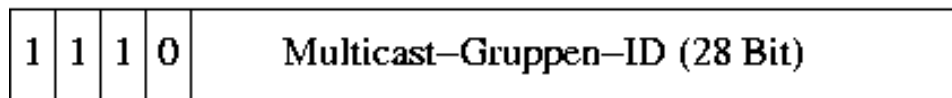
Fahner, H.; Feil, P.; Zseby, T.

MBONE, Aufbau und Einsatz von IP-Multicast-Netzen

dpunkt.verlag, 2001, ISBN 3-920993-99-3

6.1.2 Adressierung

IP-Multicast Adressen



224.0.0.0 – 239.255.255.255

Abbildung 6.1-2: IP-Adresse der Klasse D

- IP-Adresse der Klasse D
- Adresse repräsentiert eine Gruppe (Menge von Empfängern)
- Adressen durch Applikation weitgehend frei wählbar

IP-Multicast und Ethernet Adressen

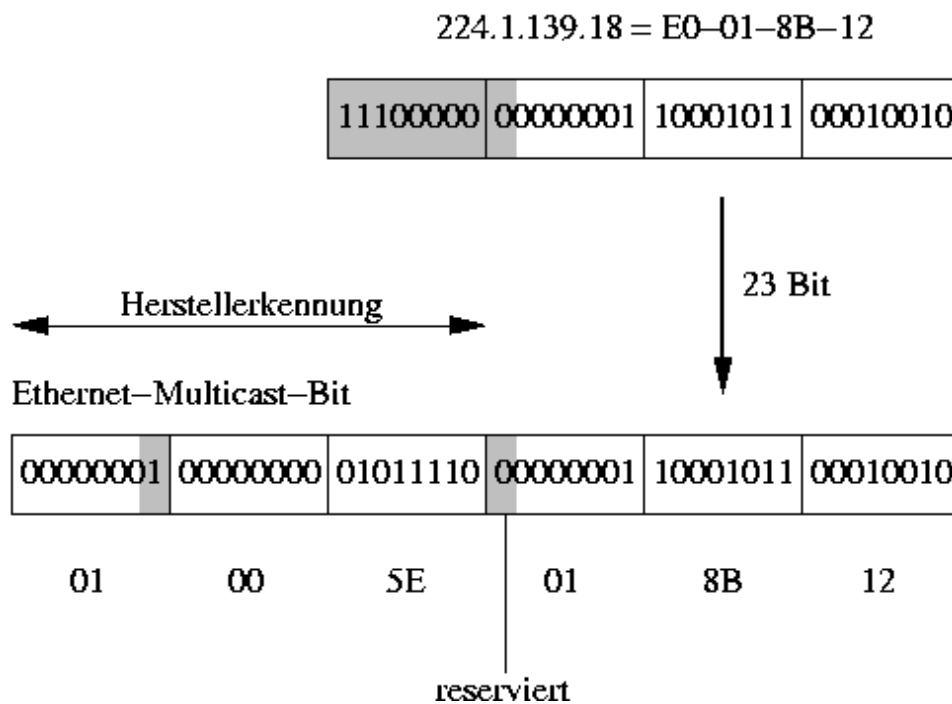


Abbildung 6.1-3: Abbildung von IP-Multicast auf Ethernet Adressen

- Adressierung auf MAC-Ebene (IP ->ARP)
- Herstellerkennung **00:00:5E**
- Multicast-Bit (niedrigste Bit des ersten Oktet)
- ->**01:00:5E**
- 1 Bit des 4. Oktets reserviert
- Abbildung 32-Bit IP-Multicast-Adresse auf restliche 23 Bit MAC-Adresse
- ->**nicht eindeutig**
 - unwahrscheinlich, daß im gleichen Subnetz 2 ähnliche Adressen existieren
 - IP-Schicht verwirft fehlerhaft weitergeleitete Pakete

reservierte Multicast Adressen

Adresse	Name	Bedeutung
224.0.0.0	BASE-ADDRESS.MCAST.NET	Reserviert
224.0.0.1	ALL-SYSTEMS.MCAST.NET	Alle Systeme des Subnetzes
224.0.0.2	ALL-ROUTERS.MCAST.NET	Alle Router des Subnetzes
224.0.0.4	DVMRP.MCAST.NET	Alle DVMRP-Router des Subnetzes
224.0.0.5	OSPF-ALL.MCAST.NET	Alle OSPF-Router des Subnetzes
224.0.1.1	NTP.MCAST.NET	Network Time Protocol (NTP)
224.0.1.32	MTRACE.MCAST.NET	mtrace (vergl. Multicast Werkzeuge)
239.0.0.0-239.255.255.255		lokale Multicast Adressen (vergl. Scoping)

6.1.3 Internet Group Management Protocol

Anforderung

- Mitgliedschaft in einer Gruppe dynamisch, Ein- und Austritt jederzeit möglich
- Anzahl Teilnehmer je Gruppe unbegrenzt
- physikalischer Ort eines Teilnehmers egal
- Host kann gleichzeitig Mitglied in mehreren Gruppen sein
- Host kann an Gruppe senden, in welcher er **kein** Mitglied ist

IGMP Version 1

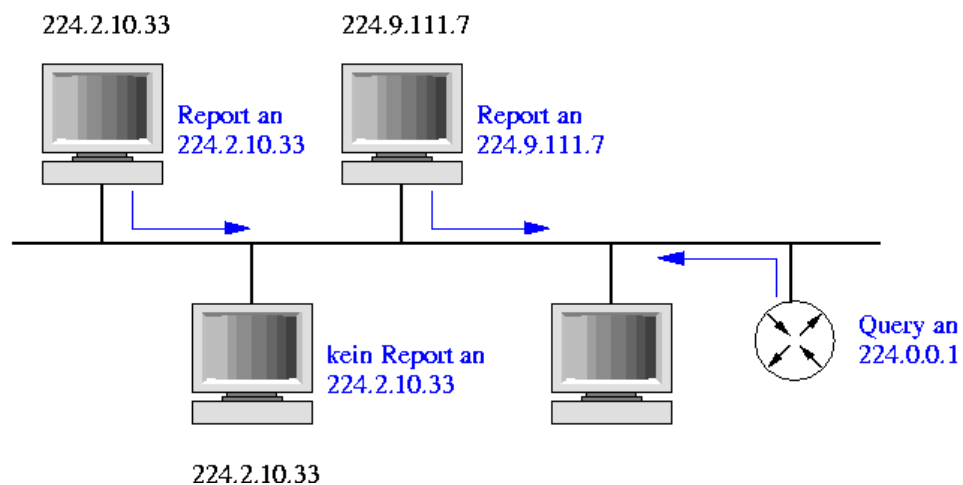


Abbildung 6.1-4: IGMP v1 QUERY und REPORT

- Nachrichtentypen:
 - **HOST-MEMBERSHIP-QUERY**
 - **HOST-MEMBERSHIP-REPORT**
- Host-Membership-Query

- Multicast-Router verschickt periodisch QUERY an alle Teilnehmer im lokalen Netz (224.0.0.1)
- Teilnehmer antworten mit REPORT an Multicast-Gruppenadresse (Antwort zufällig verzögert)
- erhält der Router keinen REPORT, leitet er keine Multicast-Pakete in das Subnetz
- Host-Membership-Report
 - Hosts verschicken unaufgefordert REPORT
 - ->Eintritt in eine Multicast-Gruppe
- Reduzierung von REPORTs
 - mehrere Teilnehmer einer Gruppe in einem Subnetz
 - Multicast-Router verschickt QUERY
 - ein Teilnehmer verschickt REPORT an Multicast-Gruppenadresse
 - andere Teilnehmer "hören" REPORT, verschicken keinen eigenen REPORT

IGMP Version 2

- Nachrichtentypen:
 - **IGMPv2 MEMBERSHIP-QUERY**
 - * **GENERAL-QUERY**
 - * **GROUP-SPECIFIC-QUERY**
 - **IGMPv2 MEMBERSHIP-REPORT**
 - **IGMPv2 LEAVE-GROUP**
 - **IGMPv1 MEMBERSHIP-QUERY**

- explizites Verlassen einer Gruppe
 - Host verschickt LEAVE-GROUP an alle Router (224.0.0.2)
 - empfängt der Multicast-Router ein LEAVE-GROUP, fragt er nach weiteren Teilnehmer einer Gruppe GROUP-SPECIFIC-QUERY

- **Querier**
 - existieren mehrere Multicast-Router in einem Subnetz, wird der Router mit der niedrigsten IP-Adresse zum Querier

Vertiefung:

RFC 1112 IGMP Version 1

RFC 2236 IGMP Version 2

6.2 Multicast Routing

6.2.1 DVMRP Distance Vector Multicast Routing Protocol

- basiert auf **Reverse-Path-Multicast (RPM)**
- Multicast-Verteilungsbaum enthält keine Äste ohne Teilnehmer

Pruning

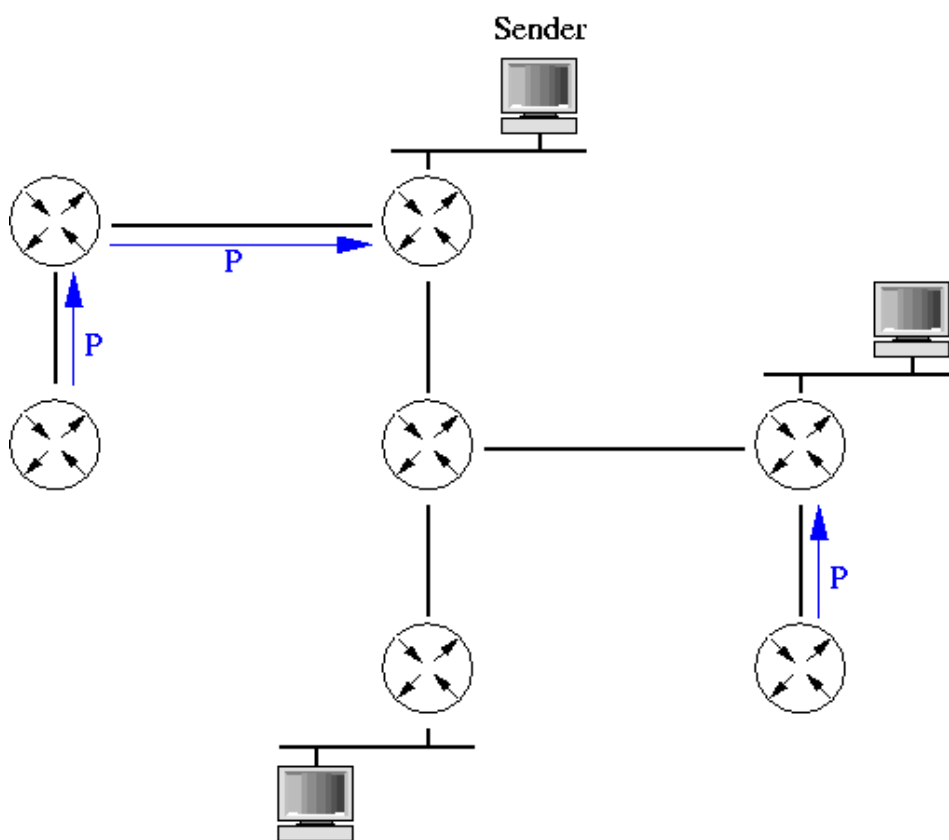


Abbildung 6.2-1: DVMRP: Pruning

- Sender flutet alle Netze mit Multicast-Paketen
- Multicast-Router stellt fest, keine Teilnehmer an seinen Subnetzen

- **Pruning Nachricht** -> Nachbar Router schickt keine Multicast-Pakete an den Router
- Multicast-Router verwalten Pruning Einträge, verfallen nach ca. 2min
- -> periodisches Fluten und Pruning

Grafting

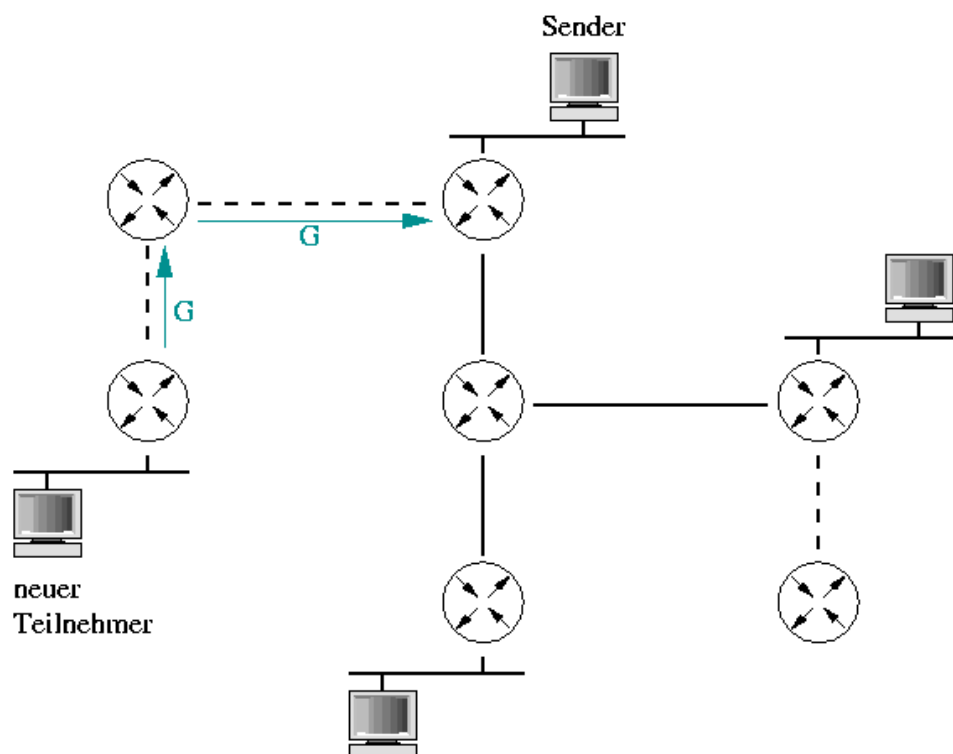


Abbildung 6.2-2: DVMRP: Grafting

- neuer Teilnehmer in "abgeschnittenem" Ast
- wartet auf nächstes Fluten
- *oder*

- betreffender Multicast-Router verschickt **Grafting Nachricht** an Nachbarrouter

Fazit

- Implementation im *mrouted*
- Skalierungsproblem in "großen" Netzen (MBONE)
- periodische Flut von Multicast Paketen in Subnetzen
- große Routingtabellen bei vielen aktiven Sendern und Multicast Gruppen
- -> Weiterentwicklung Hierarchical DVMRP, in Praxis kaum eingesetzt

6.2.2 PIM Protocol Independent Multicast

Anforderungen

- Unterstützung spärlich besetzter Regionen
- Verteilung mit möglichst geringer Verzögerung
- direkte Nutzung von Unicast-Routingtabellen
- Interoperabilität mit DVMRP
- Skalierbarkeit

PIM Dense Mode (PIM-DM)

- analog DVMRP
- Ermittlung des kürzesten Pfades zum Sender
- Nutzung vorhandener Routingtabellen

PIM Sparse Mode (PIM-SM)

- ausgehend von: Multicast-Gruppe hat keine Teilnehmer
- Sender registriert seine Multicast-Gruppe an einem **Rendezvous Point (RP)**
- neuer Teilnehmer einer Multicast-Gruppe melden sich am Rendezvous Point an
- eine Multicast-Gruppe kann von nur einem Rendezvous Point verwaltet werden

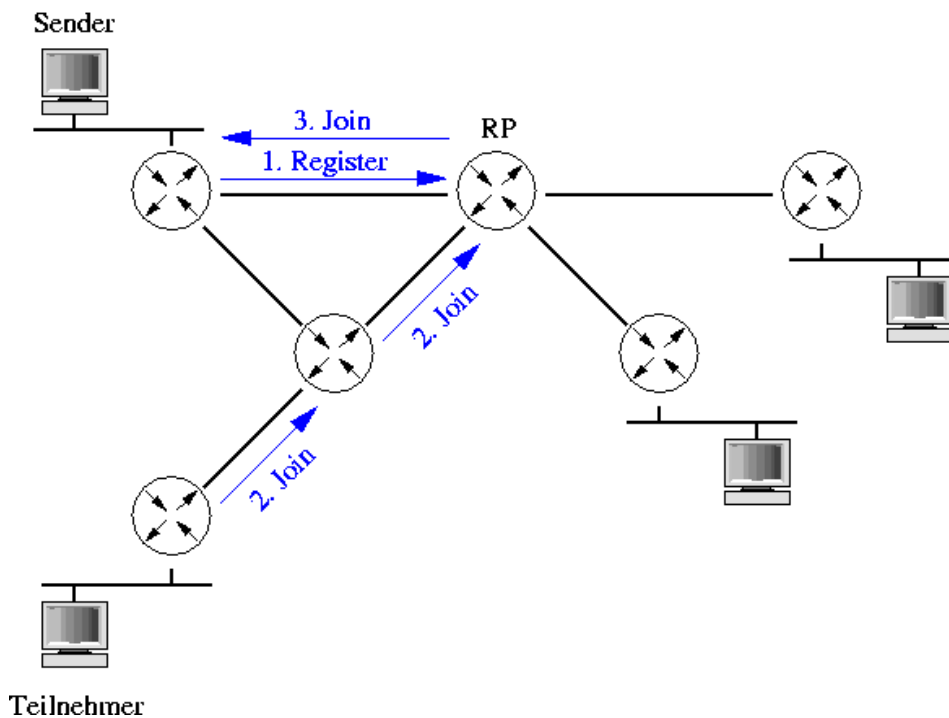


Abbildung 6.2-3: PIM: Rendezvous Point, Aufbau des Shared Tree

- Sender (Router) registriert Multicast-Gruppe am RP, noch keine Multicast-Pakete über RP
- Empfänger (Router) sendet Join zur betreffenden Multicast-Gruppe an RP
- RP sendet jetzt Join an Sender (Router) und erhält Multicast-Pakete der betreffenden Gruppe
- RP leitet Multicast-Pakete an den Empfänger (Router) weiter
- -> **Shared Tree** für betreffende Multicast-Gruppe mit RP als Wurzel

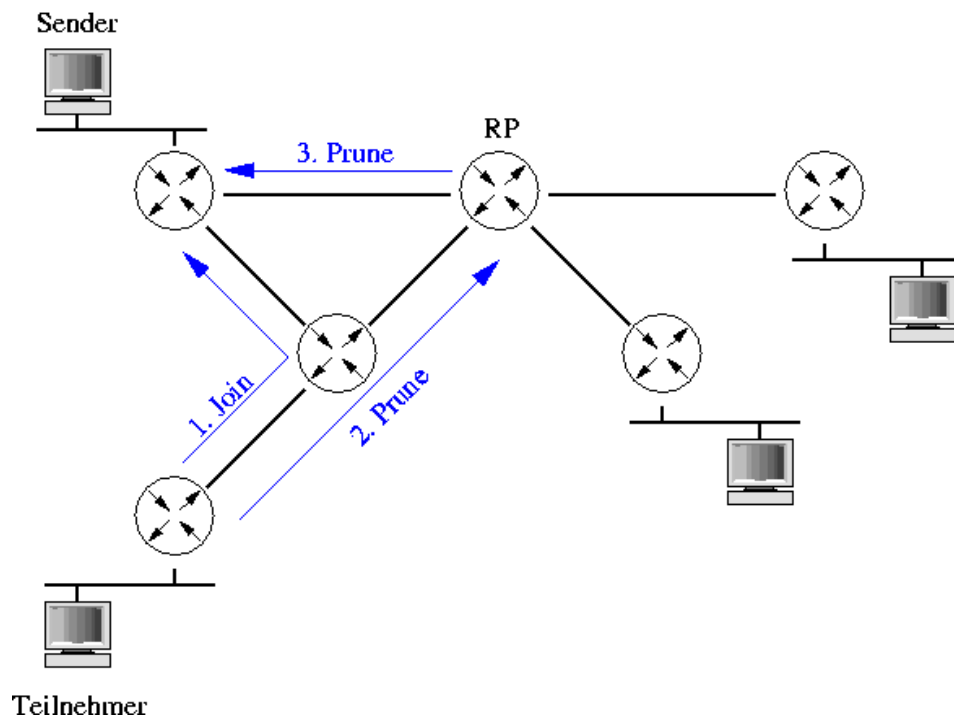


Abbildung 6.2-4: PIM: Rendezvous Point, Aufbau eines Source-Based Tree

- Empfänger kann individuellen **Source-Based Tree** zum Sender aufbauen
- kürzerer Pfad
- Austritt des Empfängers aus dem Shared Tree

Fazit

- Problem, verlorene PIM Nachrichten
 - Join und Prune periodisch wiederholen
- Zuweisung Multicast Gruppen \leftrightarrow Rendezvous Point
 - statische Konfiguration
 - proprietärer Auto-RP-Mechanismus (Cisco)

- Ausfall eines Rendezvous Points
 - Einführung von Candidate Rendezvous Points (C-RP)
 - bei Ausfall eines RP erfolgt Verwaltung der betroffenen Gruppen von C-RP

6.2.3 Reichweitensteuerung

- **Multicast-Scope-Control**
- Sitzungen im lokalen Umfeld oder weltweit ?

Time-to-Live Wert

- Einführung eines **Schwellwertes (threshold)**
- Multicast-Router vergleicht TTL-Wert eines Paketes mit Schwellwert des betreffenden Tunnels
- TTL-Wert $>$ Schwellwertes, TTL-Wert um 1 dekrementieren und weiterleiten

Reichweite	Schwellwert
Innerhalb einer Institution	16
Innerhalb eines Landes	32
Innerhalb Europa	48
Außerhalb Europa	64

<center>

Quasi Standard für TTL-Schwellwerte

</center>

Problem:

- nicht alle Konstellationen realisierbar
- verworfene Pruning-Nachrichtenten !

Administrative Multicast Bereiche

- Reichweitensteuerung über definierte Adressbereiche (239.0.0.0 - 239.255.255.255)
- Adressbereiche aus administrativen Multicast-Bereich lokal zugewiesen
- -> Adressen müssen außerhalb des Administrationsbereiches nicht eindeutig sein

Einsatzgebiet	Adressbereich
nicht zugewiesen	239.0.0.0/10
nicht zugewiesen	239.64.0.0/10
nicht zugewiesen	239.128.0.0/10
Institution	239.192.0.0/14
reserviert für Erweiterungim lokalen Bereich	239.253.0.0/16-239.254.0.0/16
lokaler Bereich	239.255.0.0/16

<center>

administrativer Multicast-Bereich

</center>

Wichtig!

Beachte administrative Reichweitensteuerung im BWIN!
Konfiguration der MBONE-Werkzeuge.

Vertiefung:

RFC 2365 Administratively Scoped IP Multicast

MBONE”

[\[http://www.mbone.de/\]](http://www.mbone.de/)

6.3 Anwendungen

6.3.1 Anwendungen für Konferenzen

SAP Session Announcement Protocol

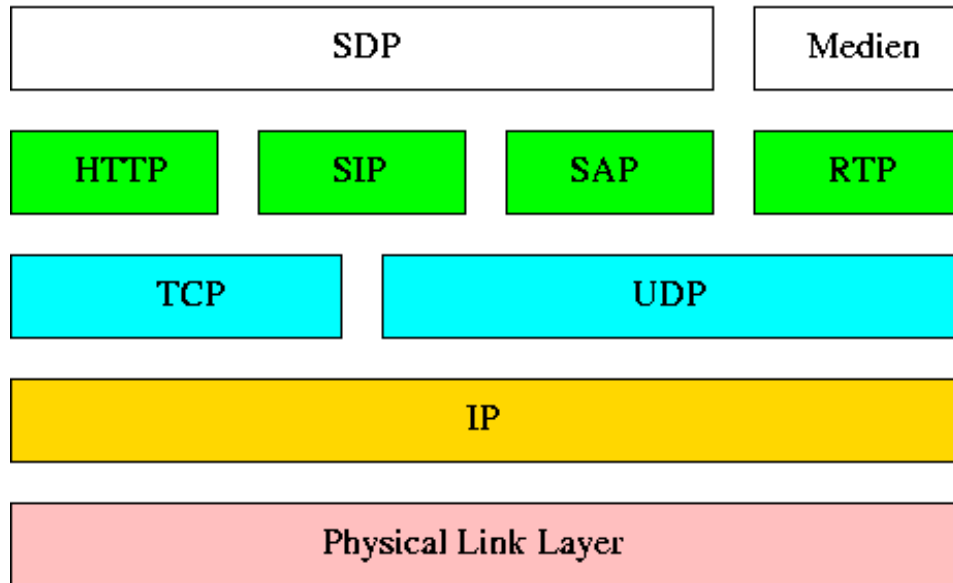


Abbildung 6.3-1: SAP und SDP im IP-Stack

- Ankündigung von Sitzungen
- periodische Announcements:
 - well-known Multicast-Gruppe **sap.mcast.net** (224.2.127.254/98)
 - administrative Reichweitensteuerung, höchste Multicast-adresse des Administrationsbereiches

```
# Version fuer das deutsche BWIN, 26.06.98,
MMRZ Dresden mmt-ref@tu-dresden.de
# /usr/local/etc/sdr/sdr.tcl oder $HOME/
.sdr/sdr.tcl
# Name SAP-
ADR -PORT BASEADR Size TTL
add_admin "Local Scope" 239.255.255.255 9875 239.2
add_admin "BWIN-Region" 239.193.255.254 9875 239.1
add_admin "Bundesland-
Test" 239.194.255.254 9875 239.194.240.0 20 47
add_admin "BWIN-DE" 239.192.255.254 9875 239.1
```

Session Directory Tool (SDR)

- entwickelt von Network Multimedia Research Group (UCL)
- Empfang von Sitzungsankündigungen über Multicast-Gruppe **sap.mcast.net**
- bzw. über Multicast-Gruppe der Administrativen Bereiche
- Auswertung der SDPs in kalendarischer Übersicht
- Beitritt zu einer Sitzung, Mediendarstellung durch Plugins
- SIP-Invite für "Extra"-Einladungen
- Sitzungsankündigung, SAP-Announcements nur während der Laufzeit von SDR

Wichtig!

Sicherheitsloch im SDR, nur Versionen ab 2.7 verwenden!

Vertiefung:

RFC 2974 Session Announcement Protocol

SDR Software

[\[http://www-mice.cs.ucl.ac.uk/multimedia/software/sdr/\]](http://www-mice.cs.ucl.ac.uk/multimedia/software/sdr/)

6.3.2 Multicast Werkzeuge

mrinfo

- Fernabfrage der Konfiguration eines Multicast-Routers
- Bestandteil des *mrouted*-Paketes

```
# ./mrinfo 134.109.200.248
134.109.200.248 (gwin-gate.hrz.tu-
chemnitz.de) [version 12.0]:
  134.109.4.248 -> 0.0.0.0 (local)
[1/0/pim/querier/leaf]
  134.109.8.248 -> 0.0.0.0 (local)
[1/0/pim/querier/leaf]
  134.109.72.248 -> 0.0.0.0 (local)
[1/0/pim/querier/leaf]
  134.109.132.248 -> 0.0.0.0 (local)
[1/0/pim/querier/leaf]
  134.109.200.248 -> 0.0.0.0 (local)
[1/0/pim/querier/leaf]
  134.109.216.248 -> 0.0.0.0 (local)
[1/0/pim/querier/leaf]
  134.109.252.248 -> 188.1.35.129 (ar-
dresden1.g-win.dfn.de) [1/32/pim]

  Routerinterface -> Zielroute (Name) [Me-
tric/Threshold/...]
```

mtrace

- vergleichbar mit *traceroute*
- nutzt spezielle *mtrace*-Unterstützung in Multicast-Routern
- Weg vom Empfänger zum Sender (Reverse Path)
- Kommunikation der Multicast-Router untereinander erfolgt über Unicast

```

# ./mtrace 131.188.34.85 239.192.139.41
Mtrace from 131.188.34.85 to 134.109.176.55
via group 239.192.139.41
Querying full reverse path... * switching
to hop-by-hop:
  0 pasta.bibliothek.tu-chemnitz.de
(134.109.176.55)
  -1 gwin-gate.hrz.tu-chemnitz.de
(134.109.176.230) PIM thresh^ 0 [default]
  -2 * * * ar-dresden1.g-win.dfn.de
(188.1.35.129) PIM thresh^ 32
  -3 * * cr-leipzig1.g-win.dfn.de
(188.1.70.53) PIM thresh^ 0 Prune sent
upstream
  -4 * * cr-erlangen1.g-win.dfn.de
(188.1.18.141) PIM thresh^ 0
  -5 * * ar-erlangen1.g-win.dfn.de
(188.1.72.2) PIM thresh^ 0
  -6 * * excelsior.gate.uni-erlangen.de
(131.188.1.1) PIM thresh^ 32 Reached
RP/Core
  -7 * * enterprise.gate.uni-erlangen.de
(131.188.5.2) PIM thresh^ 8
  -8 * * reliant.gate.uni-erlangen.de
(131.188.21.66) PIM thresh^ 8
  -9 * * * * faui40w.informatik.uni-
erlangen.de (131.188.34.85) didn't respond
-10 * * *
-11 * * *
-12 * * * ...giving up
Round trip time 14 ms; total ttl of 39 re-
quired.

```

Results after 39 seconds:

tcpdump

- Analysieren des lokalen Multicast-Verkehrs

```
# tcpdump ip multicast
Kernel filter, protocol ALL, datagram
packet socket
tcpdump: listening on all devices
13:55:36.792694 eth0 > herakles.hrz.tu-
chemnitz.de > SAP.MCAST.NET: igmp nreport
SAP.MCAST.NET [ttl 1]
13:55:36.812694 eth0 > herakles.hrz.tu-
chemnitz.de > 239.193.255.254: igmp nreport
239.193.255.254 [ttl 1]
13:55:36.822684 eth0 > herakles.hrz.tu-
chemnitz.de > 239.194.255.254: igmp nreport
239.194.255.254 [ttl 1]
13:55:36.842662 eth0 > herakles.hrz.tu-
chemnitz.de > 239.193.255.254: igmp nreport
239.193.255.254 [ttl 1]
13:55:36.882685 eth0 > herakles.hrz.tu-
chemnitz.de > SIP.MCAST.NET: igmp nreport
SIP.MCAST.NET [ttl 1]
13:55:36.882722 eth0 > herakles.hrz.tu-
chemnitz.de > 239.255.255.255: igmp nreport
239.255.255.255 [ttl 1]
13:55:37.062687 eth0 > herakles.hrz.tu-
chemnitz.de > 224.1.127.255: igmp nreport
224.1.127.255 [ttl 1]
13:55:37.352680 eth0 > herakles.hrz.tu-
chemnitz.de > 239.192.255.254: igmp nreport
239.192.255.254 [ttl 1]
13:55:37.676661 eth0 M bon-
fire.crsim.utah.edu.1027 >
SAP.MCAST.NET.9875: udp 239
13:55:37.680802 eth0 M bon-
fire.crsim.utah.edu.1027 >
SAP.MCAST.NET.9875: udp 239
13:55:37.683769 eth0 M bon-
```

RTP-Monitore

- Analysieren der RTCP-Pakete für Qualitätsaussagen und Statistik
 - *MultiMON*, Client-Server-Applikation
- Aufzeichnen von RTP-Medienströmen
 - *rtpdump*, Aufzeichnen von Mediendaten einer Sitzung
 - *rtpplay*, Senden des mit *rtpdump* aufgezeichneten Medienstromes

Vertiefung:

7 Internet Media-on-Demand

7.1 Übersicht

7.1.1 Begriffe

Warum **Internet Media-on-demand**, ich habe schon TV und VCR.

Motivation

- eine Dienstleistung für (sehr) viele Nutzer (Kosten-Nutzen-Verhältnis)
- Nutzung vorhandener Infrastruktur
- flexible Übertragungsmedien (PSTN, ISDN, DSL, LAN, WaveLAN, ...)
- skalierbare Qualität (Briefmarkengröße bis HDTV-ähnlich)
- einfache WWW-Integration
- Verschlüsselung

Übertragungsmöglichkeiten

- **on-demand**: Unicast
- **near-on-demand**: gestaffelte Übertragung Multicast

- **Multicast**

7.1.2 Anwendungsgebiete und Anforderung

Anwendungsgebiete

- Bildung, Vorlesungen, Seminare, ...
- Unterhaltung, Shows, Live events, Internet Radio, ...
- Montageanleitungen (Raumfahrt .. Heimwerker)
- "remote digital editing"

Anforderungen

- Zugriff auf Medienserver
 - **Video-on-demand** ->Unicast
 - **near Video-on-demand** ->zeitgestaffelter Multicast
- Live events ->Multicast
- fernsteuerbare Geräte (Kamera)
- Integration in Konferenzumgebung

Probleme

- Bandbreite (64..128 Kbps Audio, Sprache; 1.5 Mbps Video)
- Qualität (Paketverlust)
- Zuverlässigkeit (Vergleich mit TV- und Radiostationen)
- Abrechnung (pay-per-view)
- Empfangstechnik (Mehrkosten gegenüber TV, Satreceiver, Set-TopBox)
- Internet Service Provider mit Multicast-Unterstützung ?

7.2 Streaming

7.2.1 Verfahren

Streaming: Download

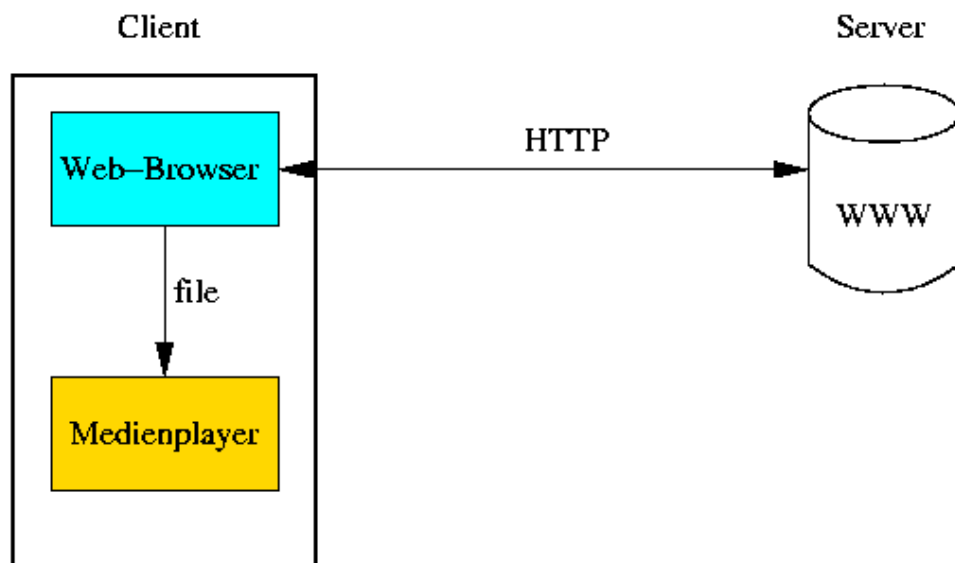


Abbildung 7.2-1: HTTP-Download der vollständigen Mediendaten

- direktes HTTP-Download der Medieninformation (als File)
- vollständige Informationsmenge lokal Speichern
- Darstellung erst nach vollständigem Download möglich

Streaming: HTTP

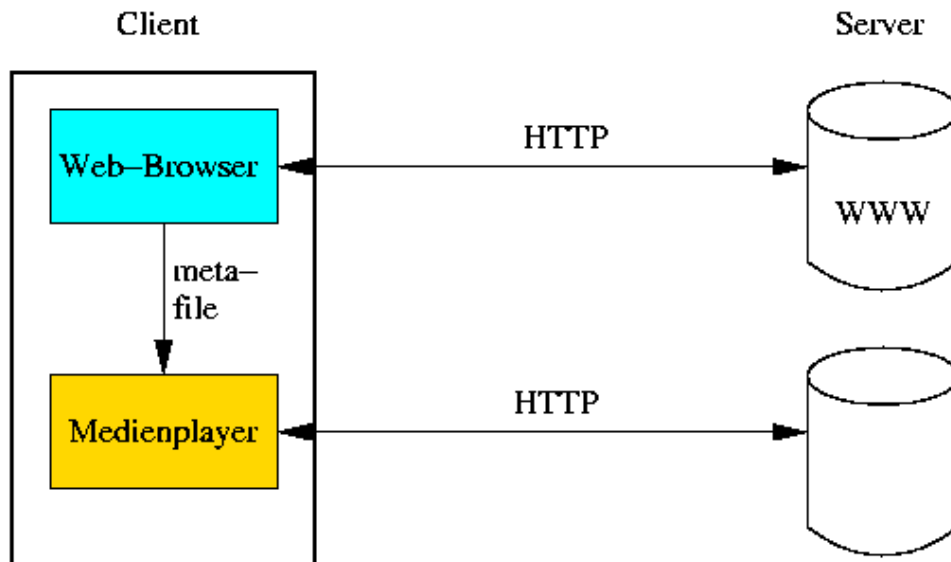


Abbildung 7.2-2: Medienstrom über HTTP

- HTTP-Download der Meta-Information
- Meta-Information enthält Link `http://uniradio.tu-chemnitz.de:8080`
- Medienstrom wird über eine HTTP-Verbindung übertragen
- keine Steuerung des Medienstrom möglich

Streaming: RTSP

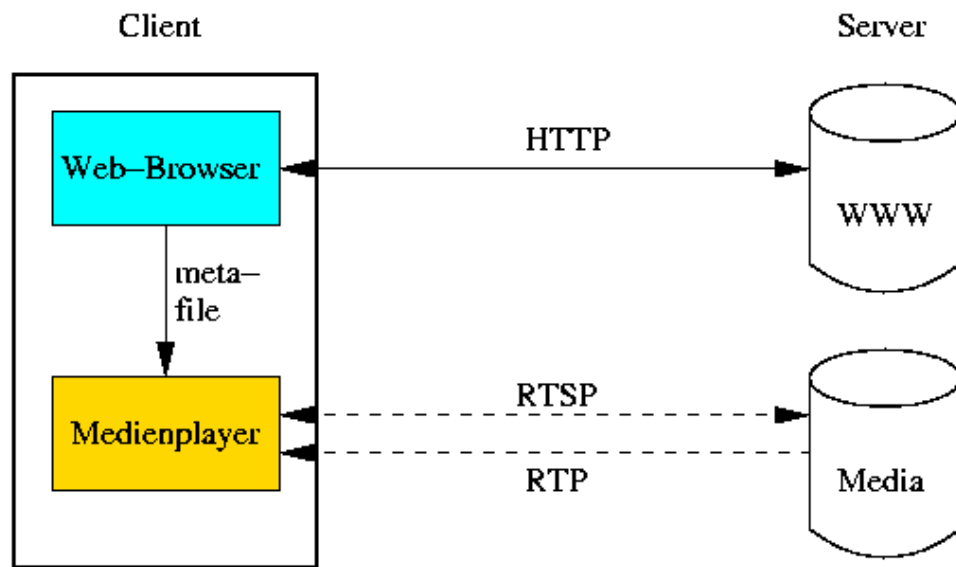


Abbildung 7.2-3: Steuerung des Medienstromes über RTSP

- HTTP-Download der Meta-Information
- Meta-Information enthält Link `rtsp://video.thek.de/my_video`
- Anfordern/Steuern des Medienstromes über RTSP-Protokoll
- Übertragen des Medienstromes über RTP-Protokoll

7.2.2 Real Time Streaming Protocol - Übersicht

Status

- entwickelt von IETF MMUSIC Group
- RFC 2326
- Beteiligte und Implementierungen:
 - RealNetworks
 - Netscape
 - IBM
 - Columbia University (rtspd)

Fähigkeiten

- synchronisierte Wiedergabe von verschiedenen Medienservern
- "grobe" Synchronisation, eigentliche Synchronisation über RTP-Timestamp, RTCP
- Lastverteilung durch Umlenken einer (aktiven) Verbindung (redirect)
- unterstützt verschiedene SDP-Protokolle
- entfernte Gerätesteuerung (Videokamera: zoom, tilt)
- Caching, analog HTTP
- Unterschied zu HTTP:
 - Serverstatus erforderlich
 - Kommandos bidirektional

URLs und Verbindungen

- URL-ähnliche Namenskonvention:
 - `rtsp://video.thek.de:554/my_video`
 - `rtsp://video.thek.de:554/my_video/audiotrack`
 - Namenshierarchie **!=** Medienhierarchie **!=** Filesystem
- Verbindungen
 - TCP: eine TCP-Verbindung **!=** eine RTSP-Sitzung
 - eine TCP-Verbindung für eine oder mehrere RTSP-Kommandos
 - UDP

WWW Integration

- Link auf ein SDP-File
- Link mit Präsentationsbeschreibung (z.B SMIL)

- ```
<smil>
 <body>
 <seq>
 <video src="rtsp://video.thek.de/my_video">
 <seq>
 <body>
</smil>
```

---

## Vertiefung:

**RFC 2326** Real Time Streaming Protocol (RTSP)

[\[http://www.rtsp.org/\]](http://www.rtsp.org/)

[\[http://www.cs.columbia.edu/~hgs/rtsp/\]](http://www.cs.columbia.edu/~hgs/rtsp/)

### 7.2.3 RTSP - Kommunikation

#### Kommunikationsszenario

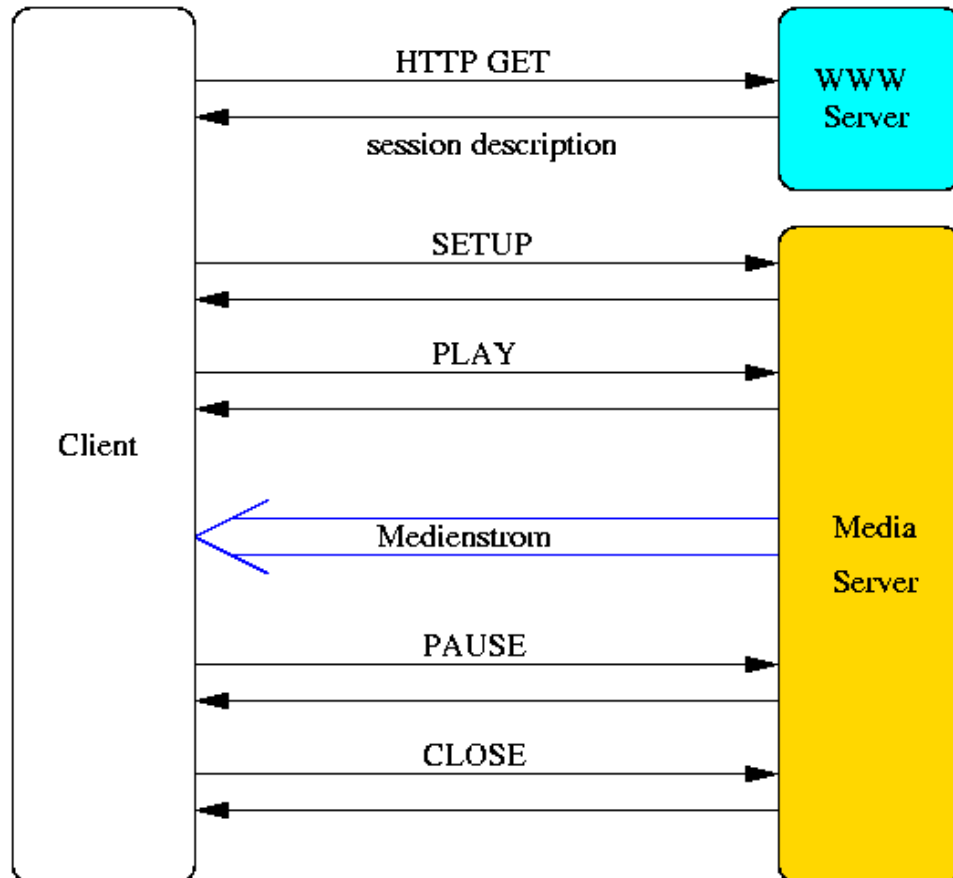


Abbildung 7.2-4: RTSP-Szenario

- **Client ->HTTP-Server**

```
GET /movies/myvideo.sdp HTTP/1.0
- Host: www.mtv.com
Accept: application/sdp
```

- **HTTP-Server ->Client**

```

HTTP/1.0 200 OK
Content Type: application/sdp

v=0
o=user 24561829 25481592 IN IP
— 192.168.53.9
s=RTSP Session
m=video 0 RTP/AVP 31
a=control:rtsp://video.mtv.com/movies/myvideo
...

```

- **Client ->Mediaserver**

```

SETUP rtsp://video.mtv.com/movies/myvideo
RTSP/1.0
— CSeq: 1
Transport: RTP/AVP/UDP;unicast
;client_port=6970-6971

```

- **Mediaserver ->Client**

```

RTSP/1.0 200 OK
CSeq: 1
Session: 12345678
— Transport: RTP/AVP/UDP;unicast
;client_port=6970
;server_port=15520

```

- **Client ->Mediaserver**

```
PLAY rtsp://video.mtv.com/movies/myvideo
RTSP/1.0
- CSeq: 2
 Session: 12345678
 Range: smpte=0:10:0-
```

- smpte: time code ->min:sec:frame
- clock: absolute Zeit

• **Mediaserver ->Client**

```
RTSP/1.0 200 OK
CSeq: 2
Session: 12345678
- Range: smpte=0:10:0-0:20:0
 RTP-Info: url=rtsp://video.mtv.com/movies/myvid
 ;seq=71422;rtptime=78714923
```

• **Client ->Mediaserver**

```
TEARDOWN rtsp://video.mtv.com/movies/myvideo
RTSP/1.0
- CSeq: 3
 Session: 12345678
```

• **Mediaserver ->Client**

```
RTSP/1.0 200 OK
- CSeq: 3
```

## 7.2.4 RTSP - Methoden und Steuerung

### RTSP Methoden

DESCRIBE	Beschreibung der Medienobjekte anfordern
ANNOUNCE	Ändern der Beschreibung eines Medienobjektes
OPTIONS	Verfügbare Methoden auflisten
PLAY	Medienstrom abspielen, ab neuer Position abspielen
RECORD	starte Aufzeichnung
PAUSE	Medienstrom anhalten, aber Status beibehalten
REDIRECT	Umlenken des Clienten zu anderen Server
SETUP	Anfordern eines Medienobjektes
SET_PARAMETER	Gerätesteuerung (Videokamera)
TEARDOWN	Beenden eines Medienstromes, Statusinformation löschen

### Redirect

- Lastausgleich
- Medienserver instruiert den Client, gehe zu URL ...
- **Mediaserver -> Client**

```
REDIRECT rtsp://video.mtv.com/movies/myvideo
RTSP/1.0
– CSeq: 9
 Location: rtsp://bigserver.mtv.com/movies/myvid
 Range: smpte=0:39:0-
```

### Steuerung des Medienstromes

- **Aggregate control**

- ein Kommando steuert mehrere Medienströme
- Medienströme (Audio+Video) in **container file** zusammengefasst
- ein Medienserver

- **Per-stream control**

- jeder Medienstrom wird über eigene Kommandos gesteuert
- Medienströme (Audio+Video) einzeln übertragen
- mehrere Medienserver

**Request Header (Auswahl)**

Accept	Medien-
Beschreibungsformate (application/sdp)	
Accept-Encoding	Medien-Kodierungen
Bandwith	am Client verfügbare
Bandbreite	
Range	Medium von bis abspie-
len/aufzeichnen	
User-Agent	Clientsoftware

**Response Header (Auswahl)**

Location	Umlenkung auf neuen URL
Public	unterstützte Methoden
Retry-After	versuche es später
nocheinmal	
Server	Serversoftware

## Statuscodes

```
Success 2xx
250 Low on Storage Space
Redirection 3xx
Client Error 4xx
405 Method Not Allowed
451 Parameter Not Understood
452 Conference Not Found
453 Not Enough Bandwidth
454 Session Not Found
455 Method Not Valid in This State
456 Header Field Not Valid for Resource
457 Invalid Range
458 Parameter Is Read-Only
459 Aggregate Operation Not Allowed
460 Only Aggregate Operation Allowed
461 Unsupported Transport
462 Destination Unreachable
551 Option not supported
```

## 7.3 Implementationen und Anwendungen

### RealNetworks

- RealPlayer
- **RTSP Proxy Kit**: Referenzimplementation eines RTSP-Proxy (open source)
- **RealOne (RadioPass)**: kostenpflichtiges Angebot, über 3200 Radiostationen, TV Kanäle (Sport, ...)
- **Helix**: Plattform für die Entwicklung von verteilten Multimediaanwendungen

### Apple

- **Darwin Streaming Server**: RTSP/RTP streaming und proxy server (open source)

### Philips

- **FW-i1000**:
- **MC-i200**: Kompaktanlage mit Internet-Radio (MP3-Streaming)

### FFmpeg

- Aufzeichnen, Konvertieren und Senden (streaming) von Audio/Video
- Kodierung basiert auf **libavcodec**

### Zusammenfassung

- Multimedialinformationen on-demand
- "Internet VCR remote control protocol"
- WebTV, Internet Radio
- Medienserver muss keine Positionierung (Seek) unterstützen (Broadcasts, Live events)
- RECORD-Funktion ebenfalls optional
- RTSP überträgt normalerweise keine Medieninformation, aber RTSP-Verbindung kann als Tunnel für RTP-Pakete genutzt werden (Firewall-Umgebung)

---

### Vertiefung:

[\[http://www.rtsp.org/\]](http://www.rtsp.org/)

[\[http://www.realnetworks.com/\]](http://www.realnetworks.com/)

[\[http://www.realone.com/\]](http://www.realone.com/)

[\[http://www.helixcommunity.org/\]](http://www.helixcommunity.org/)

[\[http://developer.apple.com/darwin/projects/streaming/\]](http://developer.apple.com/darwin/projects/streaming/)

[\[http://www.philips.com/\]](http://www.philips.com/)

[\[http://ffmpeg.sourceforge.net/\]](http://ffmpeg.sourceforge.net/)



# 8 Anhang

## 8.1 WAV-Format

- IBM / Microsoft
- Bestandteil des (Resource) Interchange File Format (RIFF)
- chunk-orientiert
- neben data-chunks auch fact-chunks (Sekundärinformation) mit Playlisten, Titelinformationen, ...
- Darstellung im **little-endian** Format !

	0								F							
0	R	I	F	F	f4	f3	1a	00	W	A	V	E	f	m	t	_
	chunk id				chunk size				chunk type				chunk id			
1	10	00	00	00	01	00	02	00	44	ac	00	00	10	b1	02	00
	chunk size				formattp	channels			sampling rate				data rate			
2	04	00	10	00	d	a	t	a	d0	f3	1a	00	1e	fb	dd	11
	resolution	bit/sample			chunk id				chunk size				data			
3	80	C3	78	D7												

Abbildung 8.1-1: (Resource) Interchange File Format am Beispiel WAVE

<b>RIFF</b>	
4 Byte RIFF	chunk id
4 Byte Anzahl folgender Bytes bis EOF	chunk size
4 Byte WAVE	chunk type
<b>FMT</b>	
4 Byte fmt_	chunk id
4 Byte Anzahl folgender Bytes im chunk	chunk size
2 Byte 0 = Mono, 1 = Stereo	formattyp
2 Byte Anzahl Kanäle	channels
4 Byte in Hz	sampling rate
4 Byte Datenrate (Anwendung-Bandbreite)	data rate
4 Byte 1 = 8bit Mono, 2 = 8 Bit Stereo 2 = 16 Bit Mono, 4 16 Bit Stereo	resolution
4 Byte bits / sample	
<b>DATA</b>	
4 Byte data	chunk id
4 Byte Anzahl folgender Bytes bis EOF	chunk size
Dateninformationen	data