CoNe Freiburg

IIF INSTITUT FÜR INFORMATIK FREIBURG

Systeme II

2. Multimedia

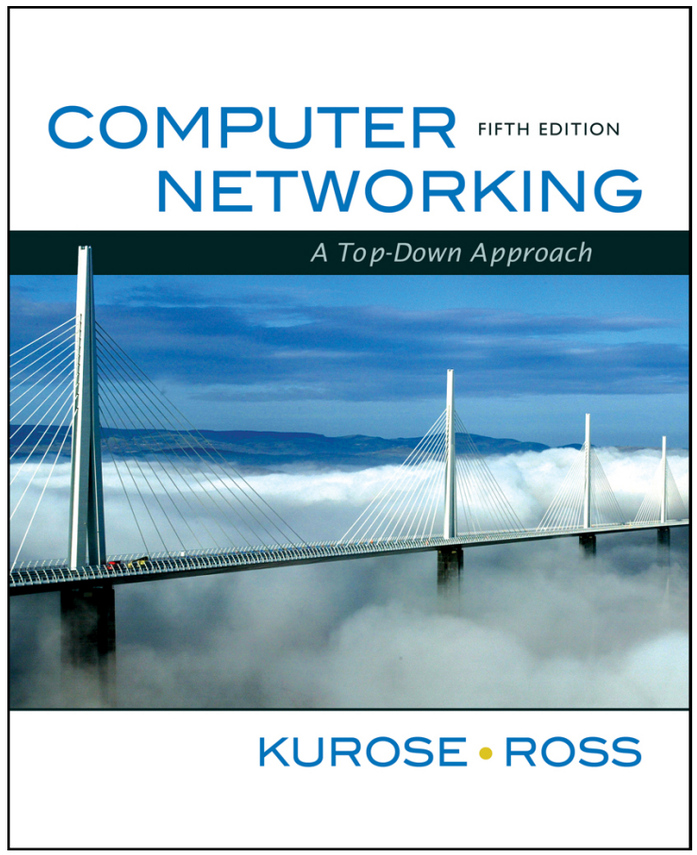
Christian Schindelhauer
Technische Fakultät
Rechnernetze und Telematik
Albert-Ludwigs-Universität Freiburg

UNI FREIBURG

CoNe Freiburg

Multimedia

- Folien und Inhalte aus
  - Computer Networking: A Top Down Approach 5th edition. Jim Kurose, Keith Ross Addison-Wesley, April 2009.
  - Copyright liegt bei den Autoren Kurose und Ross

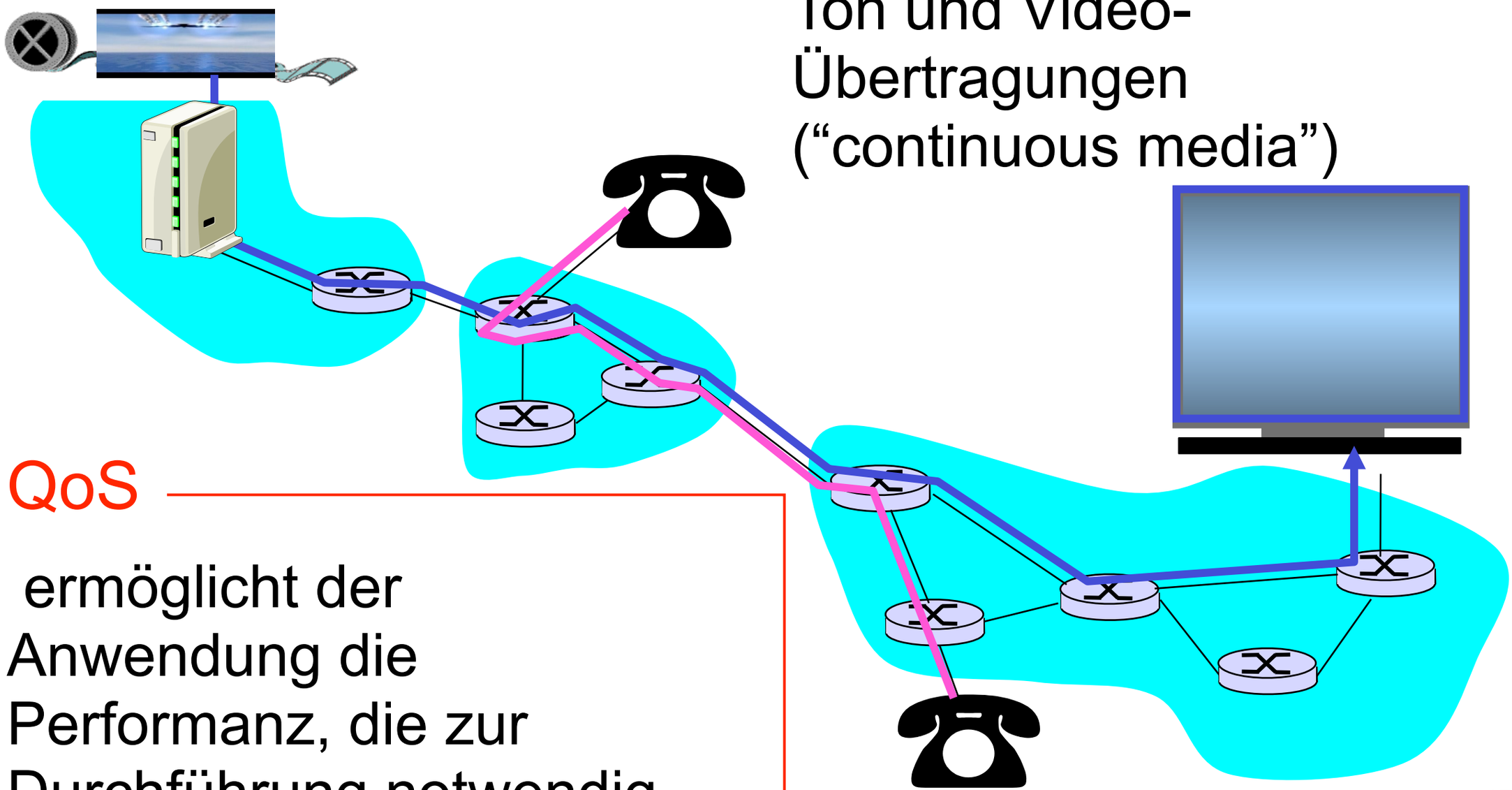


CoNe Freiburg

Multimedia und Quality of Service

Multimedia Anwendungen

Ton und Video-Übertragungen (“continuous media”)



QoS

ermöglicht der Anwendung die Performanz, die zur Durchführung notwendig

Computer Networking: A Top Down Approach
Jim Kurose, Keith Ross, Addison-Wesley, April 2009.

CoNe Freiburg

Ziel

- Allgemeines
  - Klassifikation von Multimedia-Anwendungen
  - Erkennen der Bedürfnisse von Multimedia-Anwendungen
  - Best-Effort so gut wie möglich nutzen
- Protokolle und Architekturen
  - Protokolle für Best-Effort
  - Mechanismen für QoS
  - Architekturen für QoS

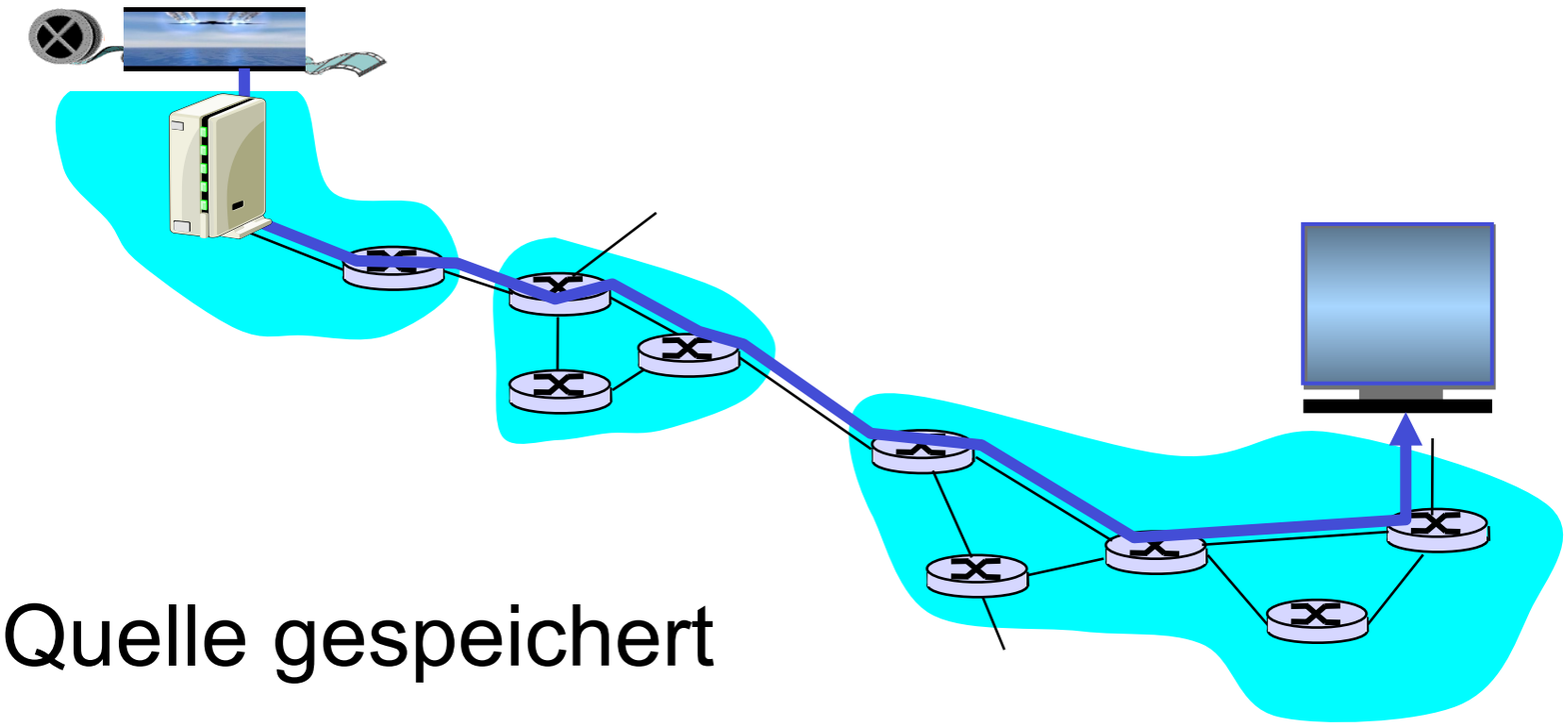
Computer Networking: A Top Down Approach
Jim Kurose, Keith Ross, Addison-Wesley, April 2009.

Multimedia Netzwerk-Anwendungen

- Klassen
  - 1) Gespeicherte Ströme (stored streaming)
  - 2) Live Streams
  - 3) Interaktiv und Realtime
- Typische Eigenschaften
  - Verzögerungs-Empfindlichkeit (delay sensitive)
    - End-to-End Delay
    - Delay Jitter
      - Jitter ist die Veränderung des Paket-Delays innerhalb des Paketstroms
    - Toleranz von Paketverlusten:
      - seltene Verluste verursachen kleine Aussetzung
      - Gegenkonzept von Datenübertragung, die nicht Verluste toleriert, aber Delays

Computer Networking: A Top Down Approach
Jim Kurose, Keith Ross, Addison-Wesley, April 2009.

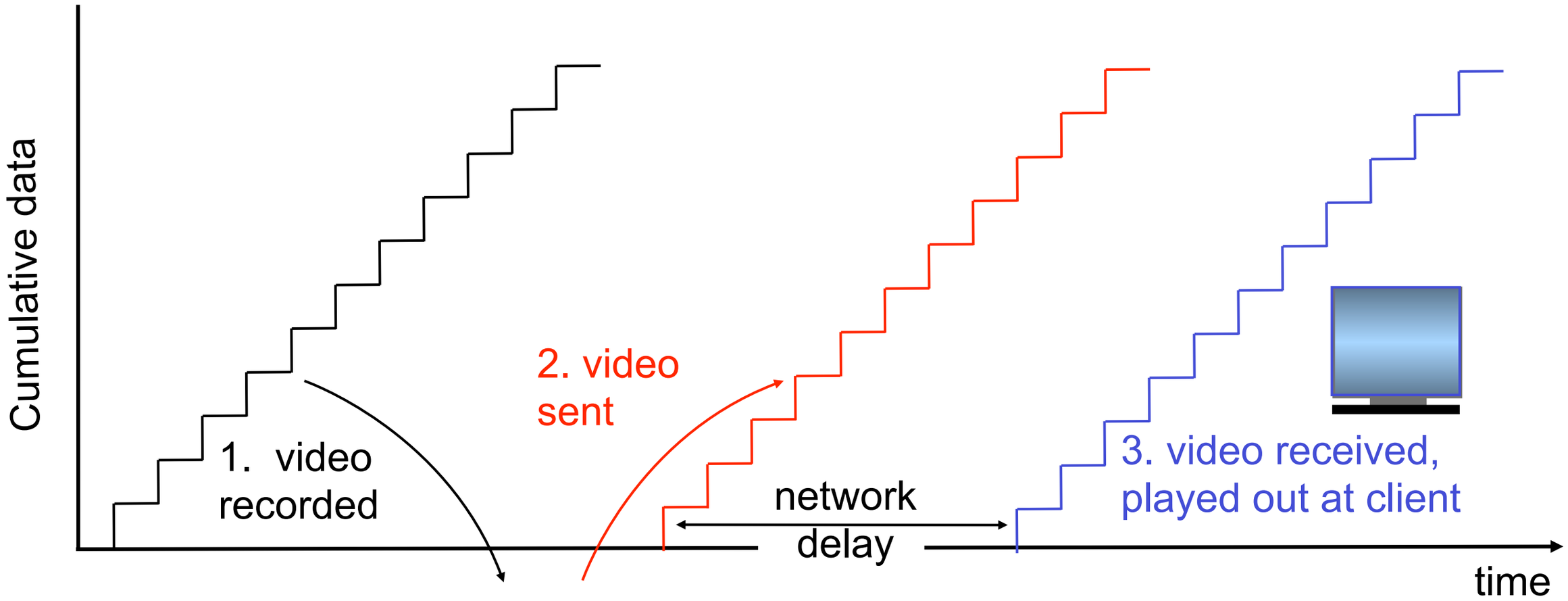
Gespeicherte Ströme (stored streaming)



- Stored streaming:
  - Medium bei der Quelle gespeichert
  - Übertragung zum Client
- Streaming
  - Client spielt ab, bevor alle Daten angekommen sind

Computer Networking: A Top Down Approach
Jim Kurose, Keith Ross, Addison-Wesley, April 2009.

Gespeicherte Ströme (stored streaming)



- Streaming
  - Client spielt ab, bevor alle Daten angekommen sind

Computer Networking: A Top Down Approach
Jim Kurose, Keith Ross, Addison-Wesley, April 2009.

CoNe Freiburg

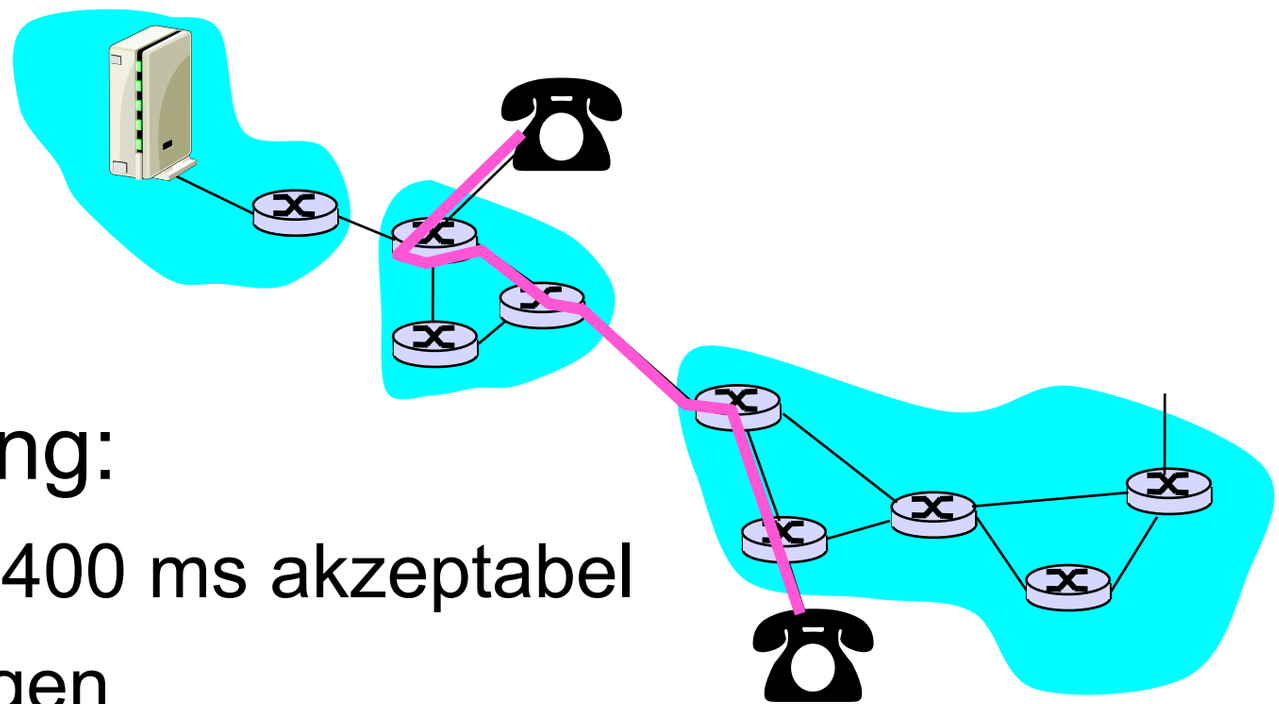
Live Multimedia Streams

- Beispiele:
  - Internet Radio
  - Sport Ereignis (Fußball..)
- Streaming
  - Wiedergabe-Puffer
  - Playback kann einige Zehntel Sekunden nach der Übertragung stattfinden
  - Dennoch Zeit-Constraints
- Interaktion
  - Vorspulen, Pause, und Zurückspulen möglich

Computer Networking: A Top Down Approach
Jim Kurose, Keith Ross, Addison-Wesley, April 2009.

Real Time Interactive Multimedia

- Anwendungen:
  - IP-Telefonie
  - Video-Konferenz
- Verzögerungsanforderung:
  - Audio: < 150 ms ist gut, < 400 ms akzeptabel
  - inklusive aller Verzögerungen
  - Anwendungsschicht und Netzwerk-Delay
- Größere Delays werden als Einschränkungempfunden
  - Initialisierung der Sitzung



Computer Networking: A Top Down Approach
Jim Kurose, Keith Ross, Addison-Wesley, April 2009.

CoNe Freiburg

Multimedia übers Internet

- TCP/UDP/IP: “best-effort”
  - keine Garantien für Delay und Verlustraten
- Wie kann man QoS und Performanz erreichen?
  - Durch Methoden in der Anwendungsschicht
  - schwächen negative Einflüsse auf Delay und Verlust ab

Computer Networking: A Top Down Approach
Jim Kurose, Keith Ross, Addison-Wesley, April 2009.

CoNe Freiburg

Verbesserungsvorschläge für das Internet bzgl. Multimedia

- Integration einer Service-Philosophie
  - Fundamentale Veränderungen im Internet zur Reservierung von Bandweiten
  - benötigt neue, komplexe Software in Rechnern und Routern
- Laissez-faire
  - keine größeren Veränderungen
  - Mehr Bandweite soweit nötig
  - Verbreitung der Inhalte durch Multicast in der Anwendungsschicht
- Differenzierte Service-Strategie
  - kleine Veränderungen im Internet
  - Unterscheidung in erste und zweite Klasse-Pakete durch Priorisierung

Computer Networking: A Top Down Approach
Jim Kurose, Keith Ross, Addison-Wesley, April 2009.

CoNe Freiburg

Audio-Komprimierung

- Analog-Sample-Rate
  - Telefon: 8,000 samples/sec
  - CD: 44,100 samples/sec
- Sample-Größe diskretisiert
  - z.B. 2^8=256 mögliche Werte
- Werte durch Bits dargestellt
  - 8 bits for 256 values
- Beispiel: 8,000 samples/sec, 256 Werte ergibt 64,000 bps
  - Receiver wandelt Bits zurück zum Analogsignal um
  - mit gewissen Qualitätseinbußen
- CD: 1.411 Mbps
- MP3: 96, 128, 160 kbps
- Internet Telephonie: 5.3 kbps oder mehr

Computer Networking: A Top Down Approach
Jim Kurose, Keith Ross, Addison-Wesley, April 2009.

Video-Komprimierung

- Video: Bildsequenzen mit konstanter Rate
  - z.B. 24 Bilder/sec
- Digitales Bild: Pixelfeld
  - Jedes Pixel wird durch Bits dargestellt
- Redundanzen
  - im Raum (innerhalb des Bilds, z.B. eintönige Flächen)
  - in der Zeit (von einem Bild zum nächsten, z.B. Standbilder)
- Beispiele:
  - MPEG1 (CD-ROM) 1.5 Mbps
  - MPEG2 (DVD) 3-6 Mbps
  - MPEG4 (Internet, < 1 Mbps)
- Forschung:
  - geschichtetes (skalierendes) Video
  - Schichten passen sich an die Bandweite an

Computer Networking: A Top Down Approach
Jim Kurose, Keith Ross, Addison-Wesley, April 2009.

CoNe Freiburg

Streaming Stored Multimedia

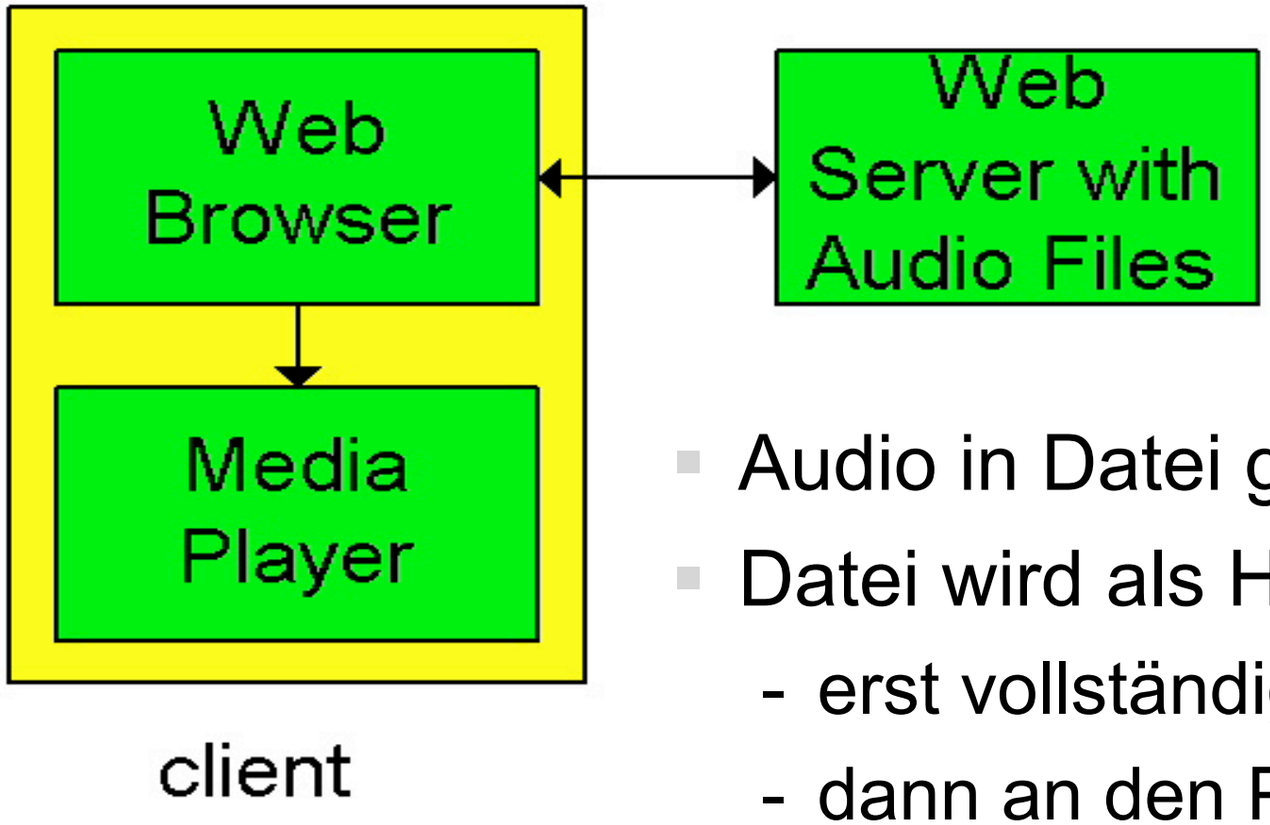
- Anwendungsschicht für Best-Effort-Service
  - Client-Puffer
  - UDP oder TCP
  - Verschiedene Kodierungsmethoden für Multimedia

Media Player

- jitter-Entfernung
- Dekomprimierung
- Fehlerbehandlung
- GUI

Computer Networking: A Top Down Approach
Jim Kurose, Keith Ross, Addison-Wesley, April 2009.

Internet Multimedia
Der einfachste Ansatz

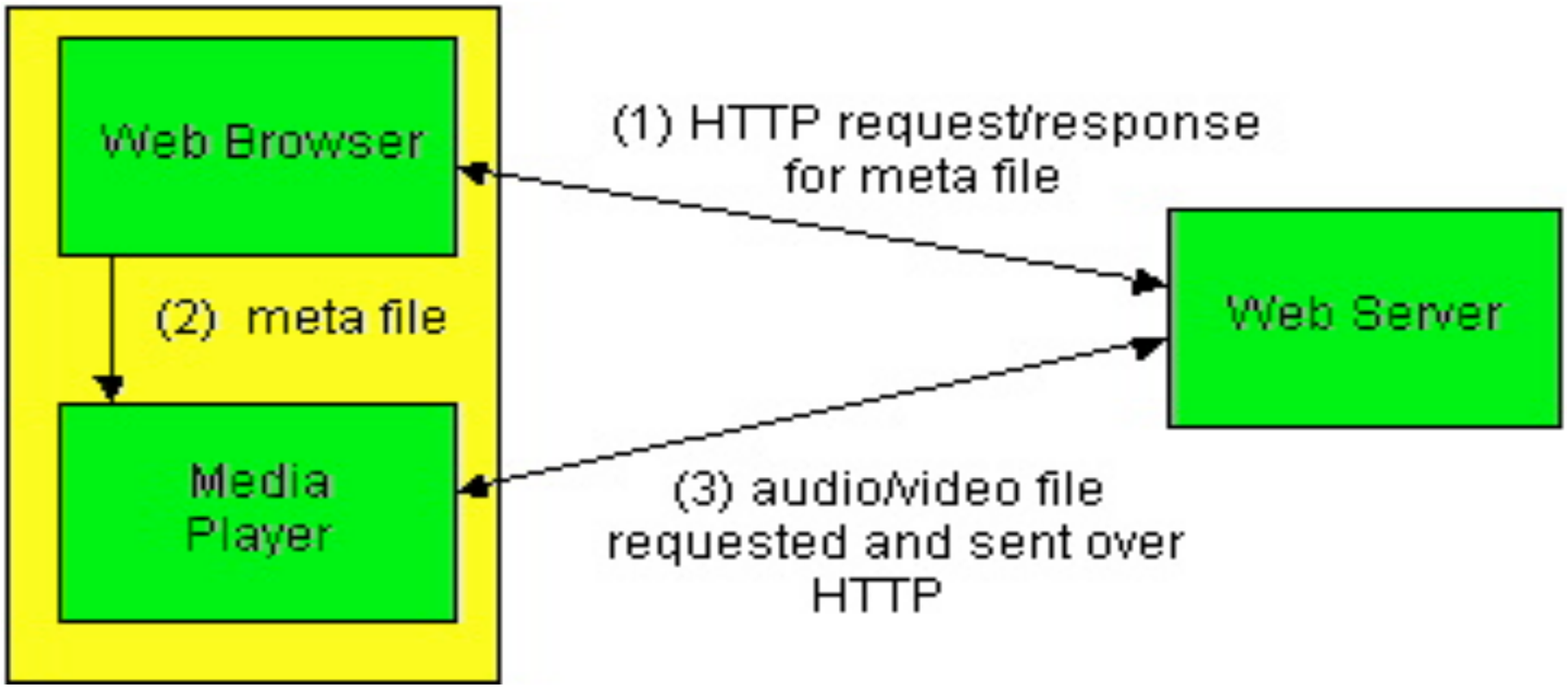


- Audio in Datei gespeichert
- Datei wird als HTTP-Objekt übertragen
  - erst vollständig empfangen
  - dann an den Player weiter gegeben
- Kein Audio oder Video-Stream
- Kein Pipelining
- Extrem lange Delay bis zum Spielbeginn

Computer Networking: A Top Down Approach
Jim Kurose, Keith Ross, Addison-Wesley, April 2009.

CoNe Freiburg

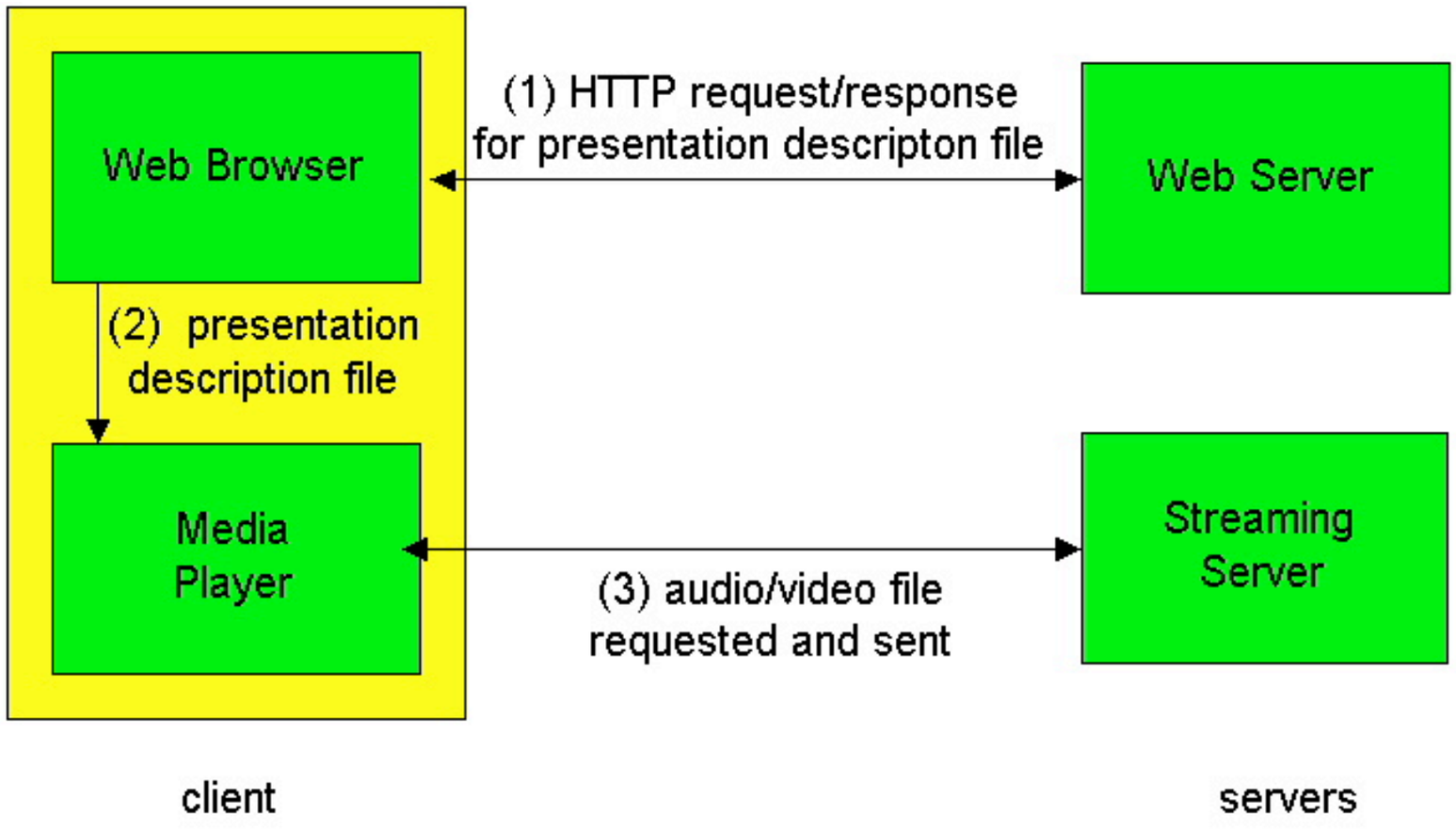
Internet multimedia Streaming



- Browser empfängt Metafile durch GET
- Browser startet Player
  - gibt Metafile weiter
- Player kontaktiert Server
- Server „stream“t Audio und Video zum Player

Computer Networking: A Top Down Approach
Jim Kurose, Keith Ross, Addison-Wesley, April 2009.

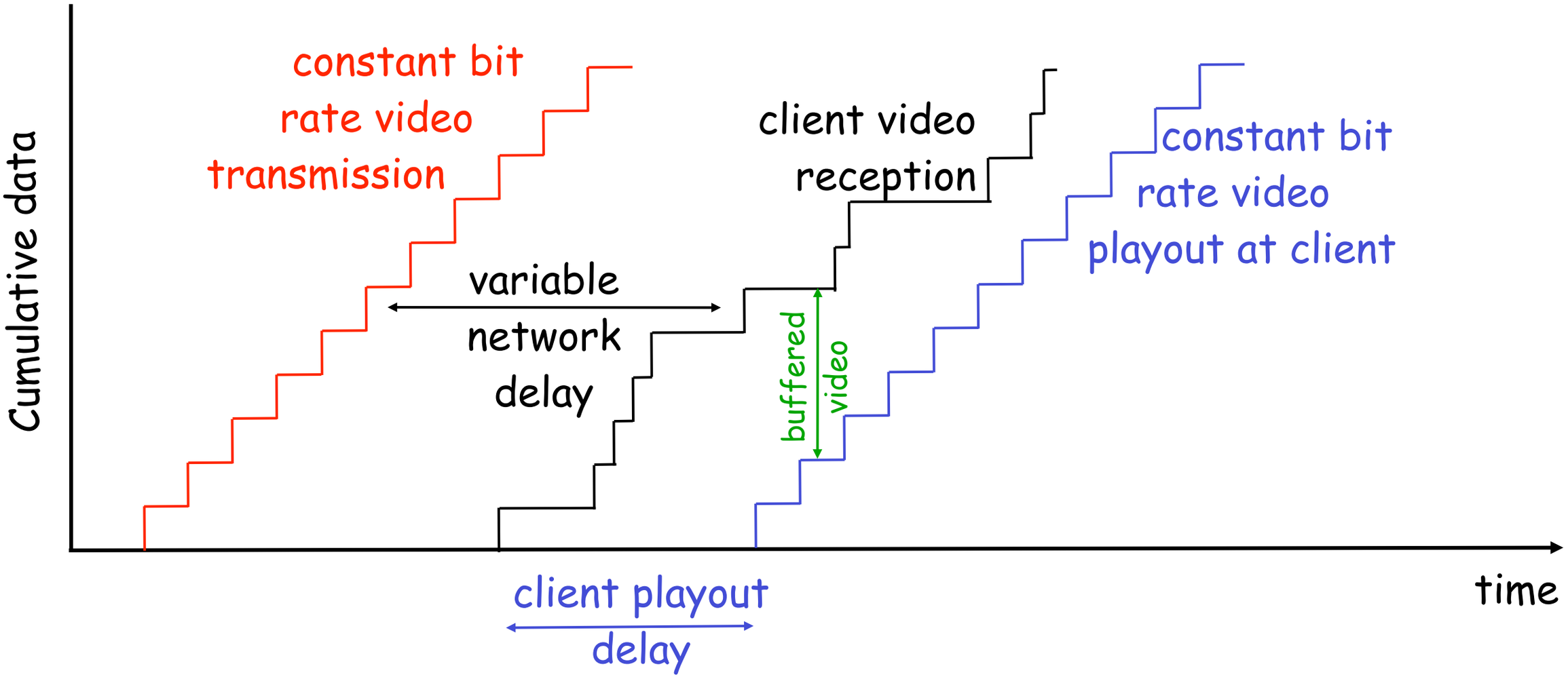
Streaming von einem Streaming-Server



- Erlaubt Nicht-HTTP-Protokoll zwischen Server und Media-Player
- UDP oder TCP Medienübertragung (3)

Computer Networking: A Top Down Approach
Jim Kurose, Keith Ross, Addison-Wesley, April 2009.

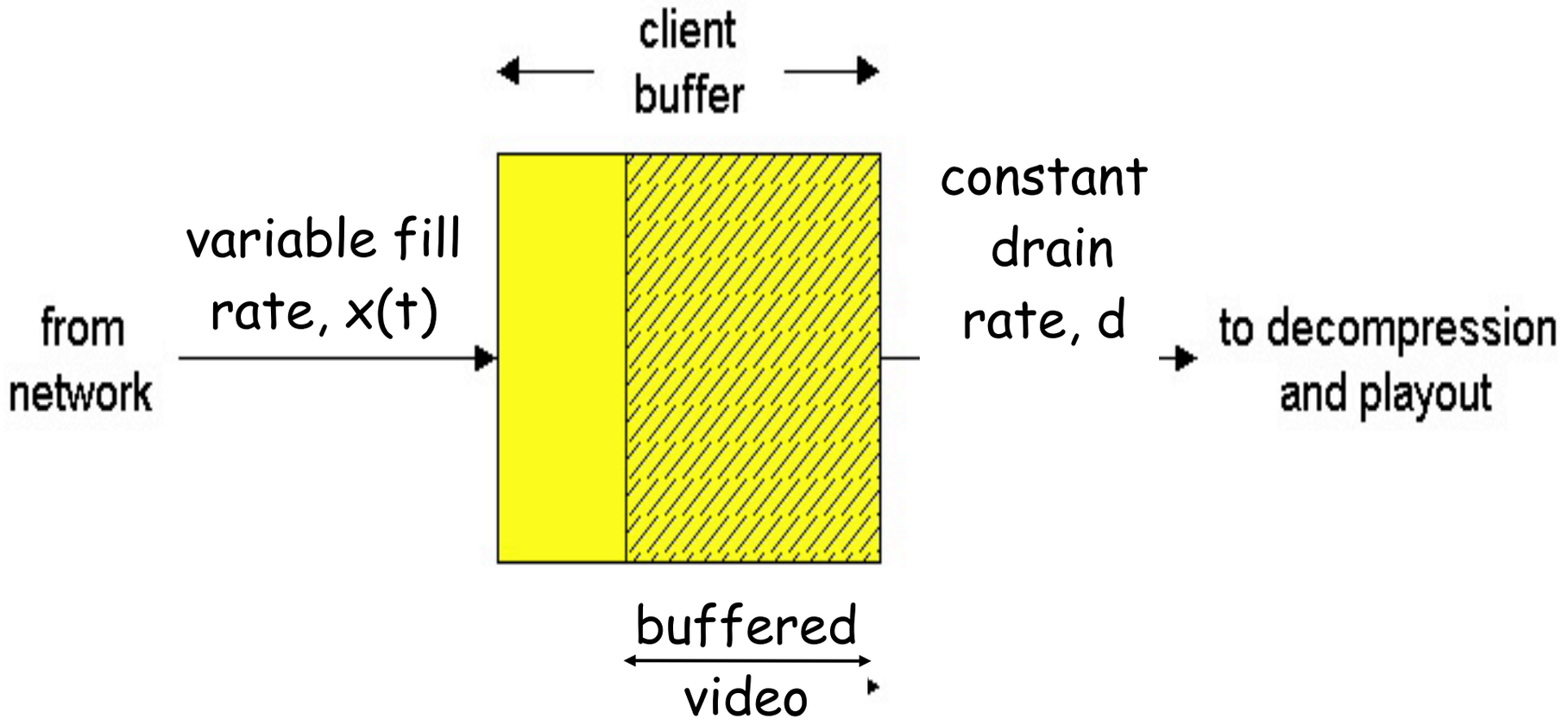
Multimedia-Streams: Client-Puffer



- Puffer auf der Client-Seite
  - Abspielverzögerung kompensiert Netzwerk-Delay und Delay-Jitter

Computer Networking: A Top Down Approach
Jim Kurose, Keith Ross, Addison-Wesley, April 2009.

Multimedia-Streams: Client-Puffer

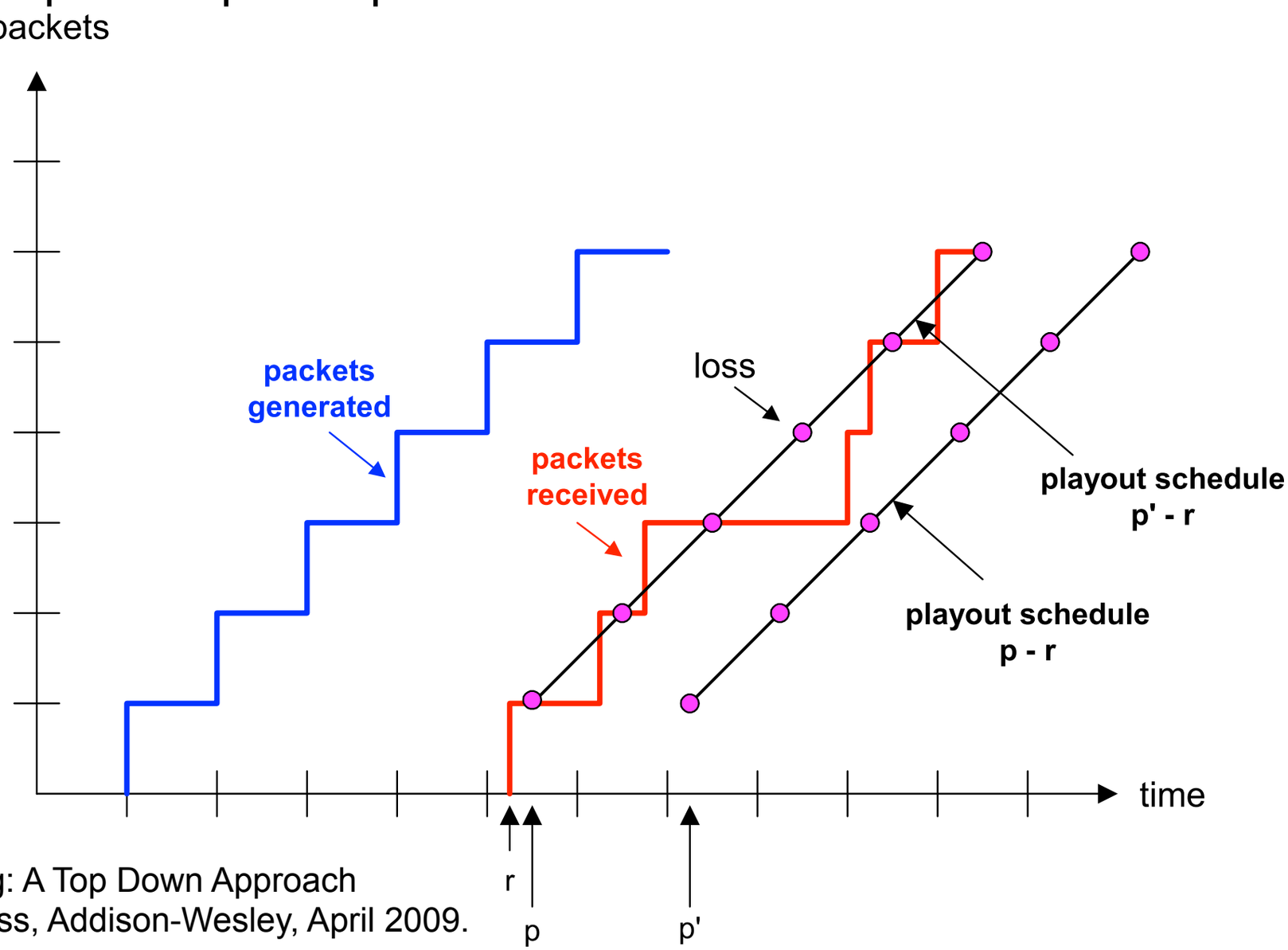


- Puffer auf der Client-Seite
  - Abspielverzögerung kompensiert Netzwerk-Delay und Delay-Jitter

Computer Networking: A Top Down Approach
Jim Kurose, Keith Ross, Addison-Wesley, April 2009.

Fixed Playout Delay

- Sender erzeugt regelmäßig Pakete
- erstes Paket kommt zum Zeitpunkt r
- erster Abspiel-Zeitpunkt: p
- zweiter Abspiel-Zeitpunkt: p’



Computer Networking: A Top Down Approach
Jim Kurose, Keith Ross, Addison-Wesley, April 2009.

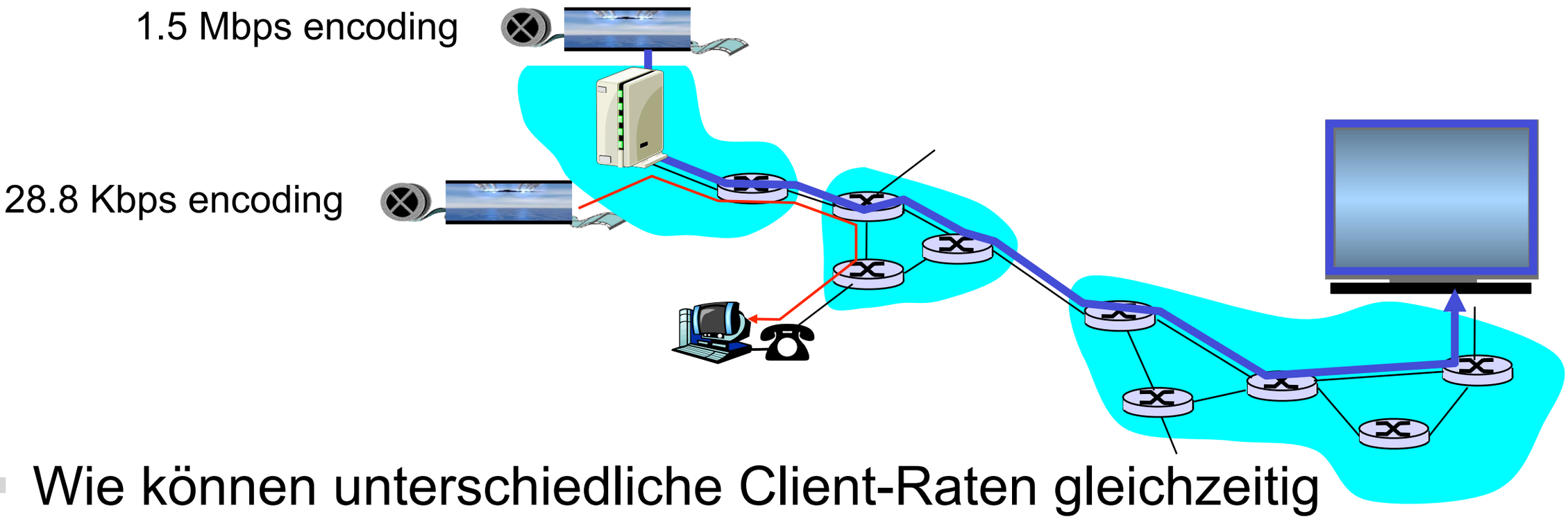
CoNe Freiburg

Streaming Multimedia: UDP oder TCP?

- UDP
- Server sendet an Client angepasste Datenrate
  - unabhängig von der Netzwerklast
    - Senderate = Kodierungs-Rate = konstante Rate
    - Dann ist Fill-Rate = konstante Rate - Paketverlust
  - Kurze Verzögerung für Wiedergabe (2-5 Sek.s) um Netzwerk Jitter zu kompensieren
- TCP
  - sendet auf maximal möglicher Datenrate bei TCP
  - Fill-Rate verändert sich wegen der TCP-Stauvermeidungsstrategie
  - größere Wiedergabe-Verzögerung:
    - gleichmäßig verändernde TCP-Auslieferungsrate
  - HTTP/TCP ist für Firewalls durchlässiger

Computer Networking: A Top Down Approach
Jim Kurose, Keith Ross, Addison-Wesley, April 2009.

Streaming Multimedia
Empfängerrate



- Wie können unterschiedliche Client-Raten gleichzeitig bedient werden?
  - 28.8 Kbps Modem
  - 100 Mbps Ethernet
- Der Server speichert und überträgt verschiedene Video-Kopien, die sich in der Kodierungsrate unterscheiden

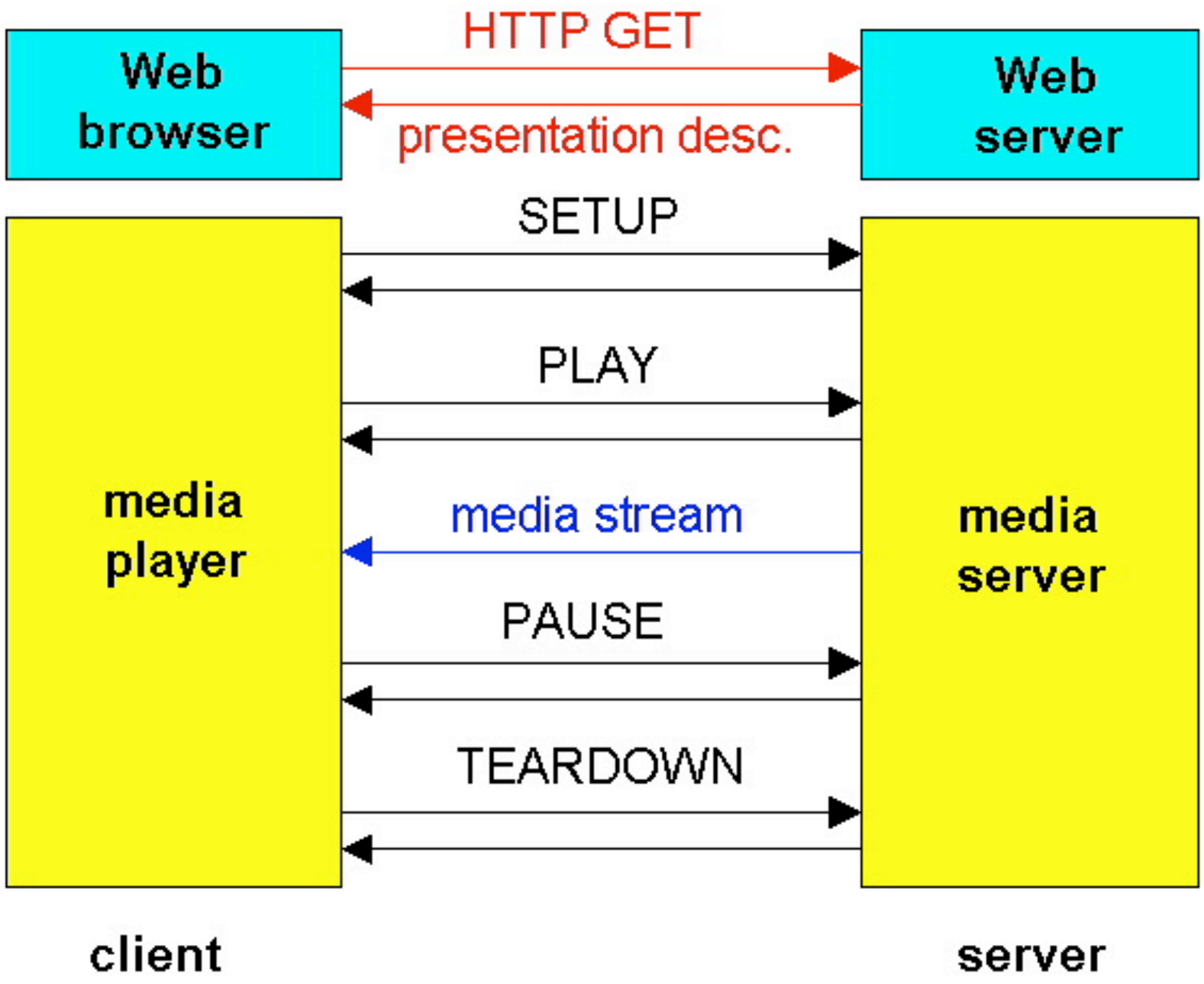
RTSP: Benutzerkontrolle für Media Streams

- HTTP
  - zielt nicht auf Multimedia-Inhalte
  - keine Kommandos für Vorspulen, etc.
- RTSP (Real-Time Streaming Protocol): RFC 2326
  - Client-Server-Protokoll in der Anwendungsschicht
  - Benutzerkontrolle:
    - Rückspulen, Vorspulen, Pause, Resume, Neue-Position, etc…
- Was RTSP nicht leistet
  - keine Definition der Audio/Video-Kodierung über das Netzwerk
  - beschreibt nicht den Transport (UDP oder TCP)
  - beschreibt nicht wie der Media-Player Audio und Video puffert

Computer Networking: A Top Down Approach
Jim Kurose, Keith Ross, Addison-Wesley, April 2009.

CoNe Freiburg

RTSP Operationen



Computer Networking: A Top Down Approach
Jim Kurose, Keith Ross, Addison-Wesley, April 2009.

UNI FREIBURG

CoNe Freiburg

Beispiele für Realtime Interactive Multimedia

- PC-2-PC phone
  - Skype, iChat, SIP, ...
- PC-2-phone
  - Dialpad, Net2phone, Skype, FaceTime,...
- Video-Konferenz mit Webcams
  - Skype
  - Polycom
  - FaceTime
  - GoogleTalk

Computer Networking: A Top Down Approach
Jim Kurose, Keith Ross, Addison-Wesley, April 2009.

CoNe Freiburg

Interactive Multimedia: Internet Phone

- Internet-Telefonie als Beispiel
- Audio: Reden und Schweigen wechseln ab
  - 64 kbps während des Redens
  - Pakete entstehen nur während dessen
  - 20 ms Pakete mit 8 Kbytes/sec: 160 bytes data
- Application Header kommt hinzu
- Daten und Header zusammen in UDP-Paket
- Anwendung sendet UDP Paket alle 20ms während Teilnehmer spricht

Computer Networking: A Top Down Approach
Jim Kurose, Keith Ross, Addison-Wesley, April 2009.

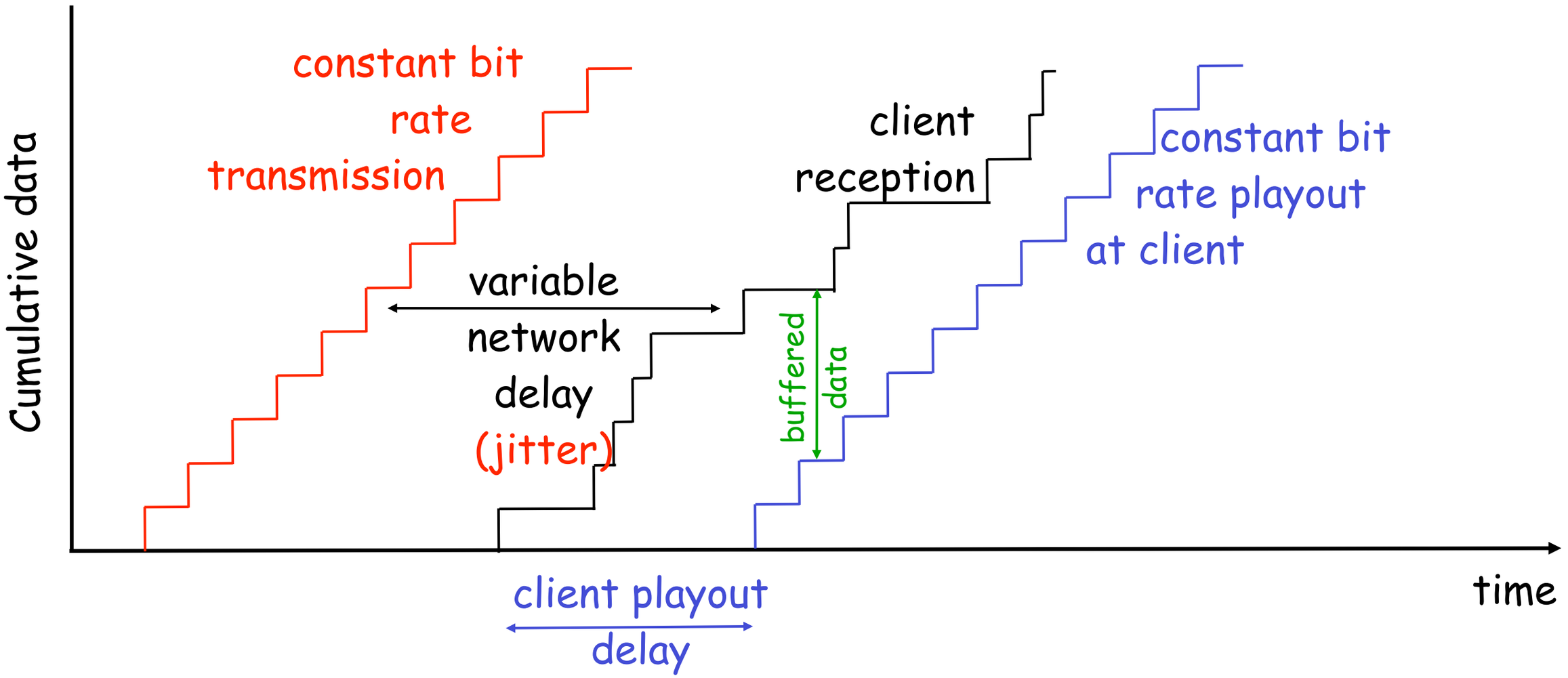
Internet Phone: Paketverlust und Delay

- IP-Pakete werden wegen Netzwerkstau verloren
  - Router Puffer läuft über
- Verzögerungs-Verlust (delay loss)
  - IP-Paket kommt zu spät zum Abspielen beim Empfänger an
    - Delays entstehen durch Verarbeitung, Warteschlangen im Netzwerk, Sender und Empfänger-Delays
      - Maximal tolerierter Delay 400 ms
- Verlust-Toleranz
  - hängt von der Stimmkodierung ab
  - Paketverlustraten von 1% bis 10% sind tolerierbar

Computer Networking: A Top Down Approach
Jim Kurose, Keith Ross, Addison-Wesley, April 2009.

CoNe Freiburg

Delay Jitter



- Gesamtverzögerungen von zwei aufeinander folgenden Pakete kann um 20 ms variieren (transmission time difference)

CoNe Freiburg

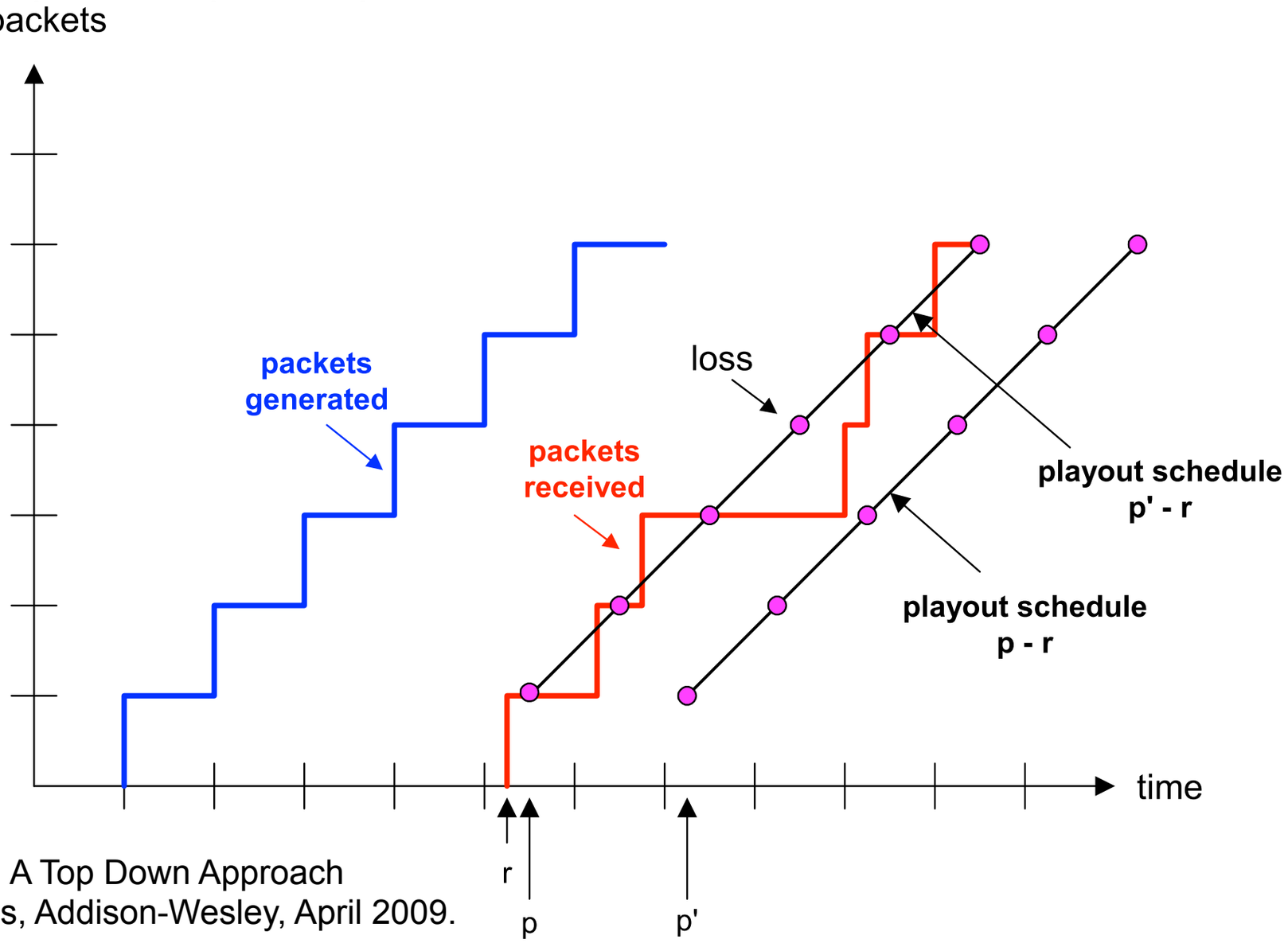
Internet Phone: Feste Abspielverzögerung

- Empfänger versucht jedes Paket (chunk) genau q ms nach dessen Erzeugung abzuspielen
  - Chunk mit Zeitstempel t wird zum Zeitpunkt t+q abgespielt
  - Chunks, die nach t+q ankommen, werden übersprungen
- Tradeoff für die Wahl von q:
  - Großes q: seltener Paketverlust
  - Kleines q: bessere Interaktion

Computer Networking: A Top Down Approach
Jim Kurose, Keith Ross, Addison-Wesley, April 2009.

Fixed Playout Delay

- Sender erzeugt Paket alle 20 ms wenn ein Tonsignal anliegt
- erstes Paket kommt zum Zeitpunkt r
- erster Abspiel-Zeitpunkt: p
- zweiter Abspiel-Zeitpunkt: p’



Computer Networking: A Top Down Approach
Jim Kurose, Keith Ross, Addison-Wesley, April 2009.

CoNe Freiburg

Adaptive Abspiel-Verzögerung (1)

- Ziel: minimiere Abspielverzögerung und halte Verlustrate niedrig
- Ansatz: Angepasste Abspiel Verzögerung
  - schätze Netzwerk-Verzögerung und passe die Abspielverzögerung nach jeder Sprechphase an
  - Stille wird verkürzt oder verlängert
  - Pakete werden immer noch all 20 ms während Sprechzeit gesendet
- t_i = Zeitstempel des i-ten Pakets
- r_i = Zeitpunkt, wenn Paket beim Empfänger ankommt
- p_i = Zeitpunkt, wenn Paket abgespielt wird
- $r_i - t_i$ = Netzwerkverzögerung (network delay)
- d_i = Schätzung der Netzwerkverzögerung nach dem Empfangen des i-ten Pakets
- Dynamischer Schätzwert beim Empfänger
  - $d_i = (1-u)\, d_{i-1} + u\,(r_i - t_i)$
  - für Konstante, z.B. u = 0,01

Computer Networking: A Top Down Approach
Jim Kurose, Keith Ross, Addison-Wesley, April 2009.

CoNe Freiburg

Adaptive Abspiel-Verzögerung (2)

- Abschätzung für die mittlere Abweichung
  - $v_i = (1-u)\, v_{i-1} + u\, |r_i - t_i - d_i|$
- Für das erste Paket ist die Abspielzeit
  - $p_i = t_i + d_i + K\, v_i$
  - für eine positive Konstante K
- Die Abspielzeit der anderen Pakete ergibt sich daraus

Computer Networking: A Top Down Approach
Jim Kurose, Keith Ross, Addison-Wesley, April 2009.

Adaptive Abspiel-Verzögerung (3)

- Wie erkennt man die Sprechzeit
- Ohne Paketverlust ergibt sich das aus den Zeitstempel
  - Falls die Zeitdifferenz folgender Pakete größer ist als 20ms, dann beginnt die Sprechzeit einer neuen Redesequenz
- Ohne Verlust muss der Empfänger auf Zeitstempel und Sequenznummern achten
  - Falls Zeitdifferenz größer ist als 20 ms und Sequenznummern kontinuierlich, dann beginnt die Redesequenz

Computer Networking: A Top Down Approach
Jim Kurose, Keith Ross, Addison-Wesley, April 2009.

CoNe Freiburg

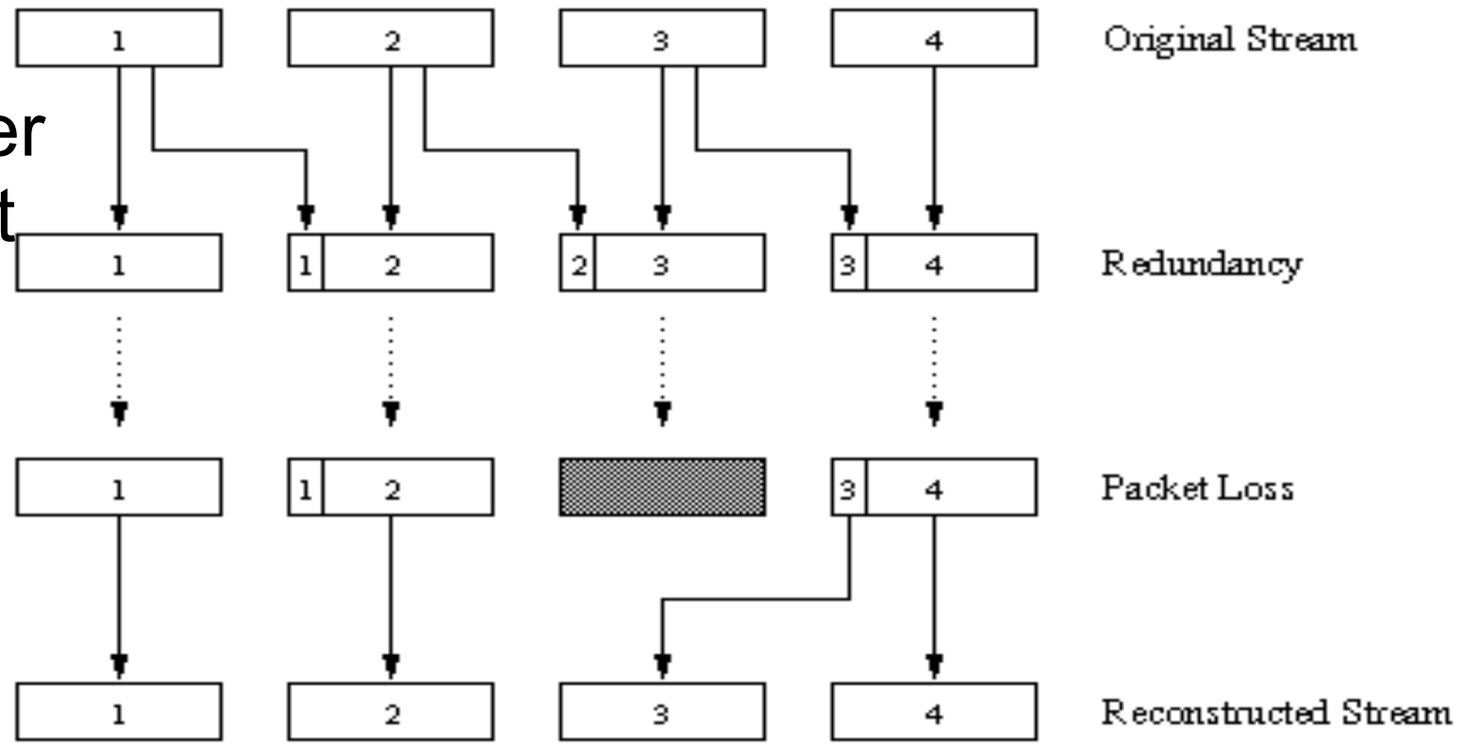
Verarbeitung von Paketverlusten (1)

- Forward Error Correction (FEC)
  - für jede Gruppe von n Paketen werden durch Xor ein neues Paket erzeugt
  - sende diese n+1 Pakete (Bandweite wird um 1/n erhöht)
  - beliebige n Pakete können benutzt werden um ein verlorenes Paket zu rekonstruieren
- Abspielverzögerung
  - muss groß genug sein um alle n+1 Pakete zu erhalten
- Tradeoff:
  - größeres n erzeugt kleineren Bandweitenverlust
  - größeres n erhöht Abspielverzögerung
  - größeres n sorgt dafür dass u.U. n-1 Pakete verloren gehen

Computer Networking: A Top Down Approach
Jim Kurose, Keith Ross, Addison-Wesley, April 2009.

Verarbeitung von Paketverlusten (2)

- Zweites FEC Schema
  - Audio-Strom mit geringerer Qualität wird mit geschickt
- Niedrigere Auflösung liefert redundante Information
  - z.B. nominaler PCM-Strom mit 64 kbps und redundanter Strom mit 13 kbps.

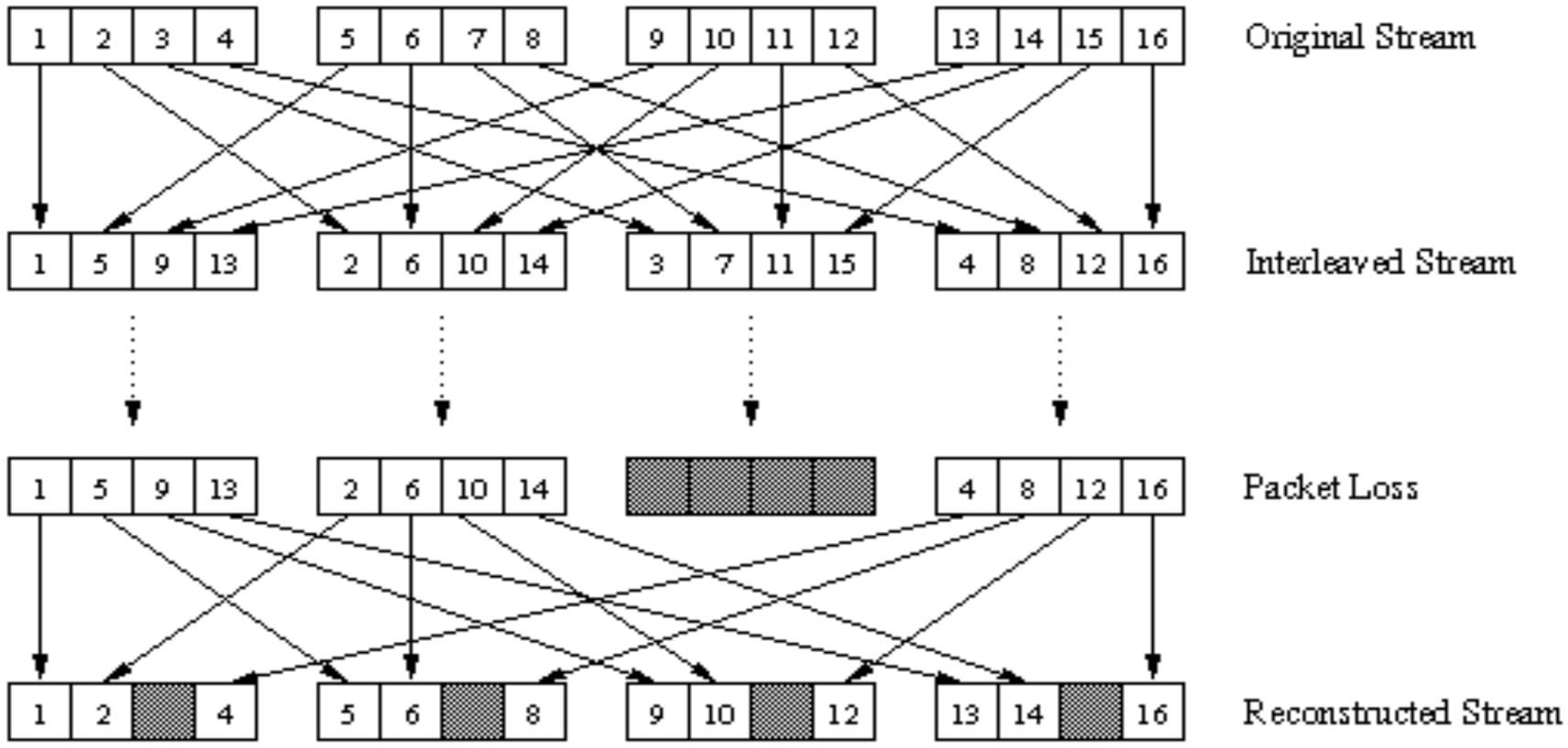


- Sobald es einen nicht zusammenhängenden Verlust gibt, kann der Empfänger den Verlust verbergen

Computer Networking: A Top Down Approach
Jim Kurose, Keith Ross, Addison-Wesley, April 2009.

Verarbeitung von Paketverlusten (3)

- Interleaving
  - Pakete werden in kleinere Einheiten unterteilt
  - z.B. Einheiten von 5ms pro Paket



- Pakete enthalten kleinere Einheiten von verschiedenen Paketen
- Bei Paketverlust hat man immer noch die meisten Einheiten von jedem Paket
- Keine Erhöhung der Redundanz

Computer Networking: A Top Down Approach
Jim Kurose, Keith Ross, Addison-Wesley, April 2009.

CoNe Freiburg

Zusammenfassung Internet Multimedia: Ein Haufen Tricks

- Verwendung von UDP statt TCP um durch Stauvermeidung erzeugte Verzögerungen für zeitnah zu versendende Pakete zu vermeiden
- Empfängerseitig angepasste Abspielverzögerung um Verzögerung zu kompensieren
- Serverseitig wird die Strom auf die zur Verfügung stehende Bandweite zum Empfänger angepasst
  - Auswahl aus vorkodierten Raten
  - Dynamische Server-Kodierungsrate
- Verlustverarbeitung (Anwendungsschicht wegen UDP)
  - FEC, Interleaving, Fehlerkaschierung
- Content Distribution Networks
  - Inhalt wird in die Nähe des Empfängers gebracht

Computer Networking: A Top Down Approach
Jim Kurose, Keith Ross, Addison-Wesley, April 2009.

CoNe Freiburg

IIF INSTITUT FÜR INFORMATIK FREIBURG

Systeme II

2. Multimedia

Christian Schindelhauer
Technische Fakultät
Rechnernetze und Telematik
Albert-Ludwigs-Universität Freiburg

UNI FREIBURG