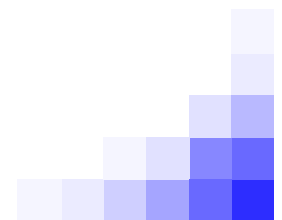
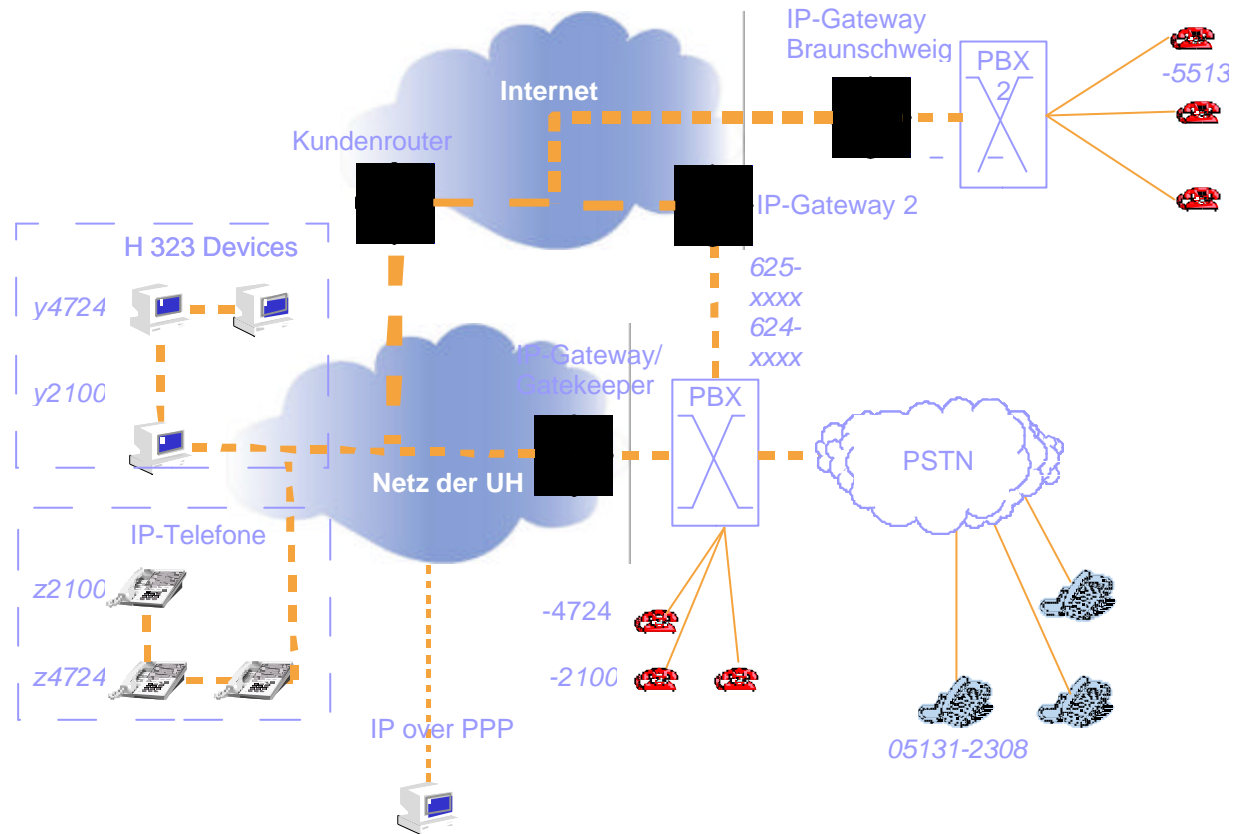
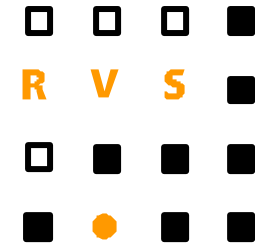


# QoS-Aspekte bei der Einführung von VoIP

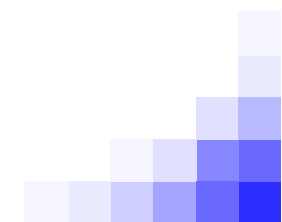
Michael Meincke, Eduard Siemens  
Institut für Allgemeine Nachrichtentechnik,  
Lehrgebiet Rechnernetze und Verteilte Systeme  
Universität Hannover  
meincke@ant.uni-hannover.de  
siemens@rvs.uni-hannover.de



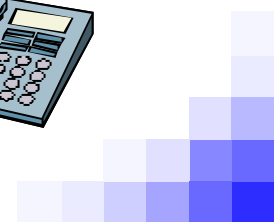
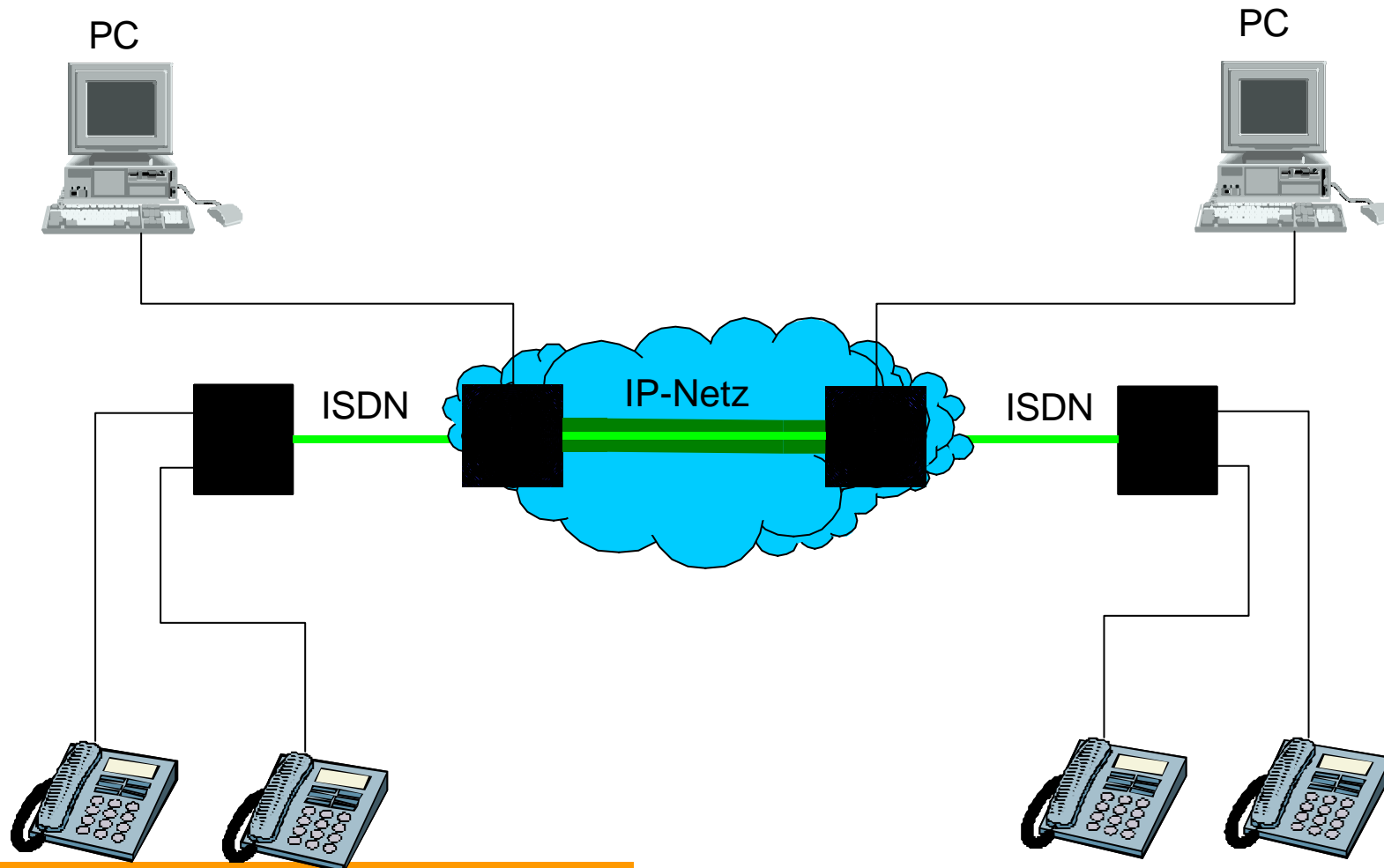
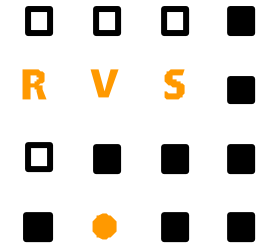
# Eine allgemeine VoIP-Infrastruktur



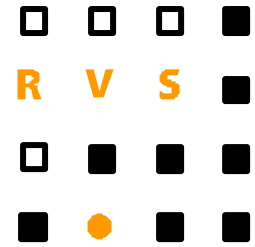
PBX: Privat Branch Exchange (TK-Anlage)  
 PSTN: Public Switched Telephone Network (öffentliches Telefonnetz)



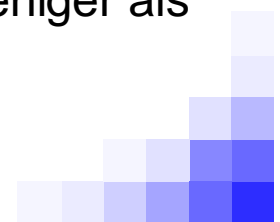
# Struktur eines VoIP-Netztes



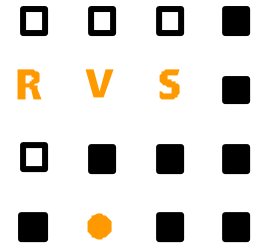
# Was passiert im VoIP-Gateway ?



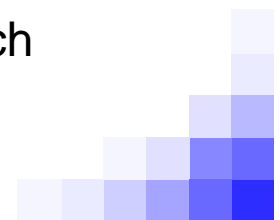
- **Protokollwandlung der Signalisierung**
  - z.B. Q.931 – H.323
- **Wandlung des synchronen Sprach-Datenstroms in einen asynchronen IP-Strom und zurück**
  - 8-bit codierte Abtastwerte aus dem ISDN-Netz werden gepuffert und in IP-Datenpakete eingekapselt
  - 160-640 Abtastwerte werden in einem IP-Paket übertragen
- **Umkodierung des Sprachstroms kann vorgenommen werden**
  - „ISDN-Qualität“ – G.711-Codec, 64 kbps netto
  - ADPCM-Kodierung – 16-32 kbps netto
  - CELP - G.723 – Codec 5,6 bzw. 6,3 kbps netto
  - Zu beachten: man sollte über Ethernet keine Datenpakete mit weniger als 46 Bytes Nutzinhalt übertragen



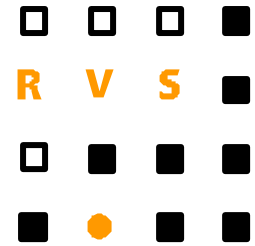
# Mögliche Qualitätsverluste im IP-Netz



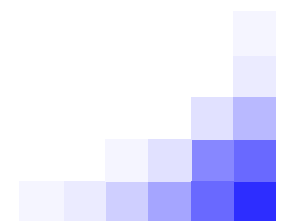
- **Verzögerungen**
  - Paketisierungsverzögerungen - abhängig vom Typ der Sprachkodierung  
20-80 ms je Kodier- bzw. Dekodier-Vorgang
- **Sprachverzerrung bei hohen Kompressionsraten**
- **Paketverluste**
  - Verluste der Datenpakete in IP-Netzen werden im Wesentlichen durch Überlauf der Queues auf den Interfaces der Vermittlungseinrichtung verursacht
  - Paketverluste in den Queues können durch geeignete Steuerung der Datenpufferung in den aktiven Komponenten verringert oder gar vermieden werden
- **Jitter**
  - Die Grenzwerte der Jitter können bei der Netzplanung rechnerisch bestimmt werden



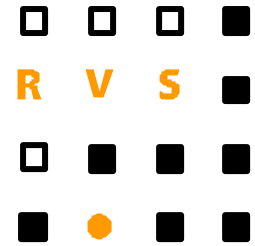
# Das DiffServ-Modell und Queue-Management



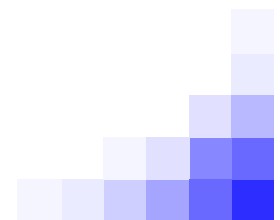
- **Die einlaufenden Datenströme werden entsprechend ihrer Netzanforderungen klassifiziert**
- **Für jede Klasse wird eine getrennte Warteschlange im Router eingerichtet**
  - Jede einzelne Queue wird nach einem festgelegten Algorithmus abgearbeitet
  - Bei zeitkritischen Anwendungen wird immer die Queue mit höchster Priorität unverzüglich verarbeitet, sobald ein Datenpaket in dieser eintrifft
  - Werden keine zeitkritischen Daten übertragen, so können die restlichen Datenströme alle Ressourcen nutzen



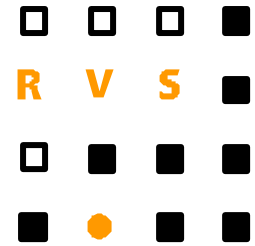
# Vorteile des Queue- Managements



- **Der Link wird effizient genutzt**
  - Werden keine Daten für die Realtime-Queue übertragen, so kann die volle Kapazität auf dem Link für die Datenübertragung eingesetzt werden (sogenanntes Bandwidth Borrowing)
- **Die Grenzwerte der Übertragungsparameter sind berechenbar**



# Besonderheiten niederbitratiger Links

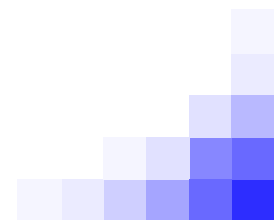
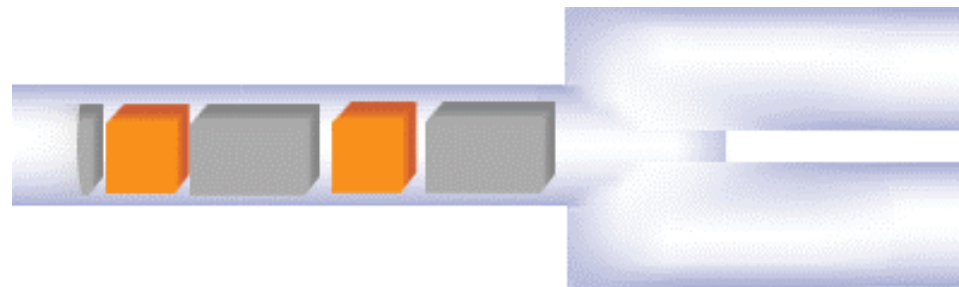


- **Die Serialisierungsverzögerung**

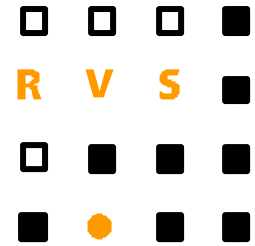
- Auf einem 128 kbit/s – Link wird mit nur 64 kbit/s serialisiert
- Serialisierungsverzögerung für ein 1500 Byte langes Paket beträgt 189 ms

- **Abhilfe**

- Lässt sich durch den Einsatz von MPPP verkürzen
- Datenpakete werden in mehreren Segmenten übertragen
- Mit dem Link Fragmentation and Interleaving (LFI) – Verfahren lassen sich VoIP-Datenpakete zwischen den Fragmenten der Datenpaketen übertragen



# Besonderheiten niederbitratiger Links (2)

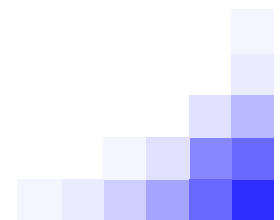


- **Sehr großer Overhead beim Einsatz von PPP**

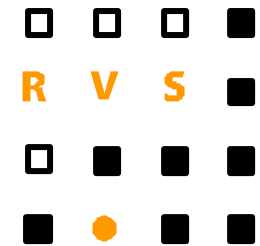
- Bei einer G 729-Kodierung der Sprache beträgt der Overhead über 60 % des Gesamtdatenstroms

- **Abhilfe**

- Der Overhead kann durch Komprimierung der RTP- und PPP- Header drastisch reduziert werden
- Die Serialisierungsverzögerung wird durch das Bearbeiten der zeitkritischen Datenpakete zwischen einzelnen Fragmenten großer IP-Pakete drastisch reduziert

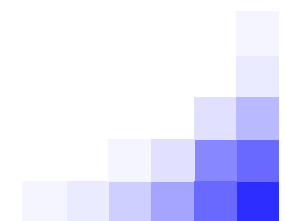


# Betrachtungen zum VoIP-Overhead

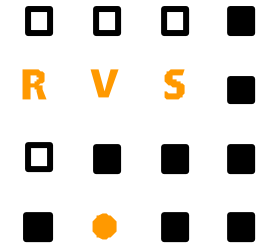


Coder	Voice BW (kbps)	Sample length (ms)	Coded frame size (bytes)	Frames in VoIP-Packet	IP Header size (bytes)	L2 Technology	L2 Header size (bytes)	Total BW required
G.711	64	10	80	2	40	Ethernet	14	85.6
G.729	8	10	10	2	40	Ethernet	14	29.6

- **IP-Overhead nicht zu vernachlässigen**
  - Hier 33% (G.711) und 270% (G.729)
- **Abhilfe**
  - Anderes L2-Protokoll (z.B. Frame Relay)
  - IP/RTP-Header Compression (z.B. bei PPP)

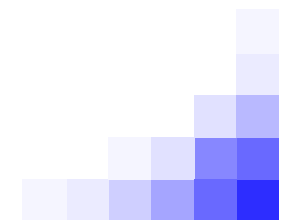


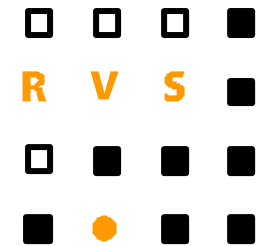
# Overhead bei Frame Relay und Header-Compression



Coder	Voice BW (kbps)	Sample length (ms)	Coded frame size (bytes)	Frames in VoIP-Packet	IP Header size (bytes)	L2 Technology	L2 Header size (bytes)	Total BW required
G.711	64	10	80	2	2 (cRTP)	MLPPP/FR	6	67.2
G.729	8	10	10	2	2 (cRTP)	MLPPP/FR	6	11.2

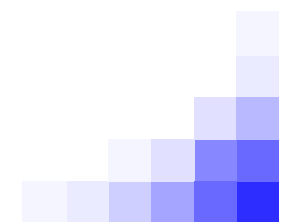
- **Verringerter IP-Overhead**
  - 5% (G.711) und 40% (G.729)

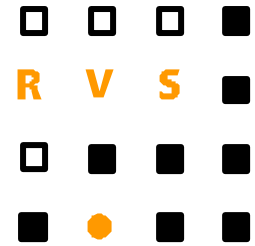




Kompressionsmethode	Datenrate [Kbit/s]	zus. Verzögerung [ms]
G.711	64	0,75
G.726 ADPCM	32	1
G.728 LD-CELP	16	3-5
G.729 CS-ACELP	8	10
G.729a CS-ACELP	8	10
G.723.1 MPMLQ	6,3	30
G.723.1 ACELP	5,3	30

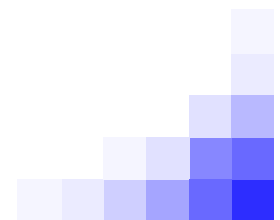
- **G.711: unkomprimierte ISDN-Codierung mit 8 Bit**
- **G.726: Differenzcodierung mit 4,5 oder 6 Bit**
- **Gedächtnis: ohne (G.711) bzw. 1 Sample (G.726)**



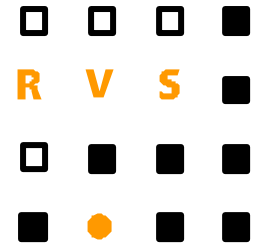


Kompressionsmethode	Datenrate [Kbit/s]	zus. Verzögerung [ms]
G.711	64	0,75
G.726 ADPCM	32	1
G.728 LD-CELP	16	3-5
G.729 CS-ACELP	8	10
G.729a CS-ACELP	8	10
G.723.1 MPMLQ	6,3	30
G.723.1 ACELP	5,3	30

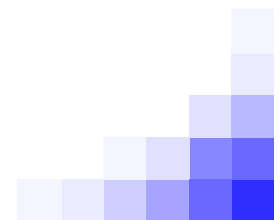
- **Einsatz von LPC (Linear Predictive Codes) für höhere Komprimierungsraten**
- **Blockweise Verarbeitung bei festen Blockgrößen von ca. 10-20 ms (je nach Codec/Modus)**
  - d.h. Größe der Pakete mit komprimierten Daten sinkt mit steigender Güte des Codecs

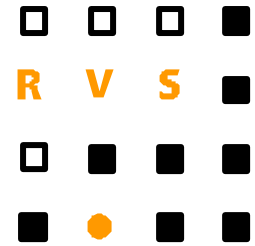


# Paketverluste bei hochkomprimierenden Codecs



- **übertragene Blöcke enthalten „Gedächtnis“ und Prädiktion des zukünftigen Signals**
  - Paketverluste beeinträchtigen folgende empfangene Pakete negativ (sinkende Qualität)
- **Das Verhalten der Decoder bei fehlenden Blöcken ist nicht standardisiert**
  - Optimierungsmöglichkeiten der Hersteller
- **Zusätzliche Verzögerungszeiten ergeben sich nicht hauptsächlich aus der Rechenzeit, sondern aus der Blockgröße der Codecs („zweite Serialisierung“)**





- **Über Hörmodelle**

- ITU-Standards:

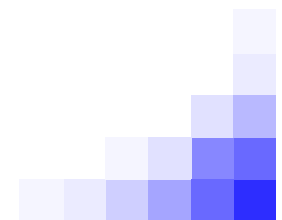
- PSQM (ITU Rec P.861) – für analoge Telefonie
    - PESQ (ITU Rec. P.862) – für LPC-Codex

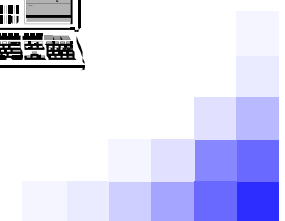
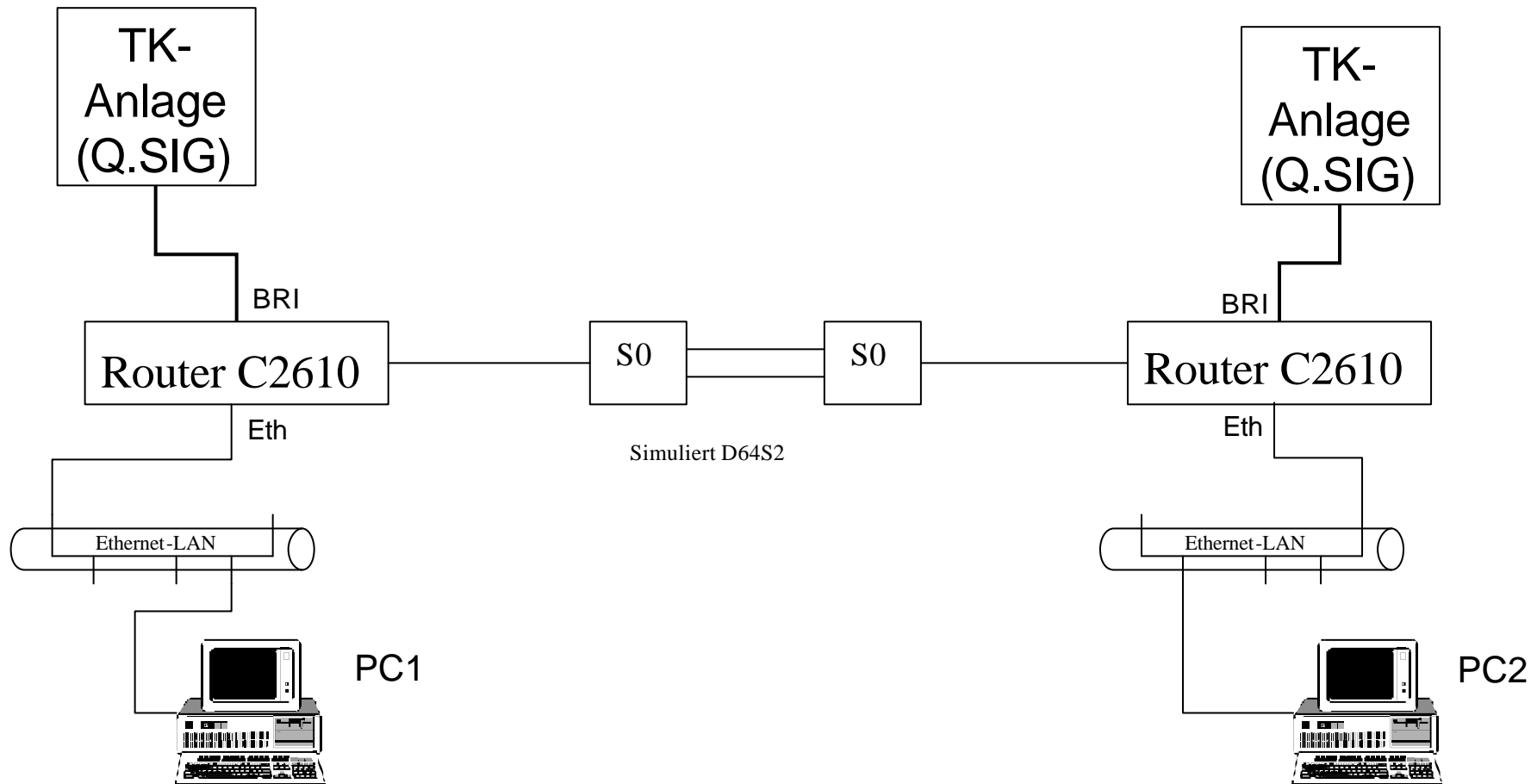
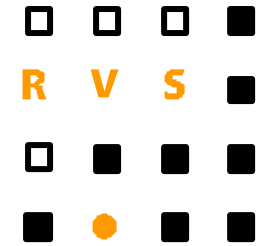
- **Über (subjektive) Hörtests**

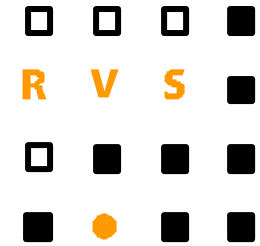
- Auch hier sind die Randbedingungen standardisiert

- Ermittlung von MOS-Werten (Bell Labs) für die Qualität

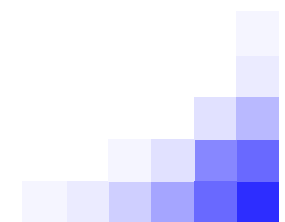
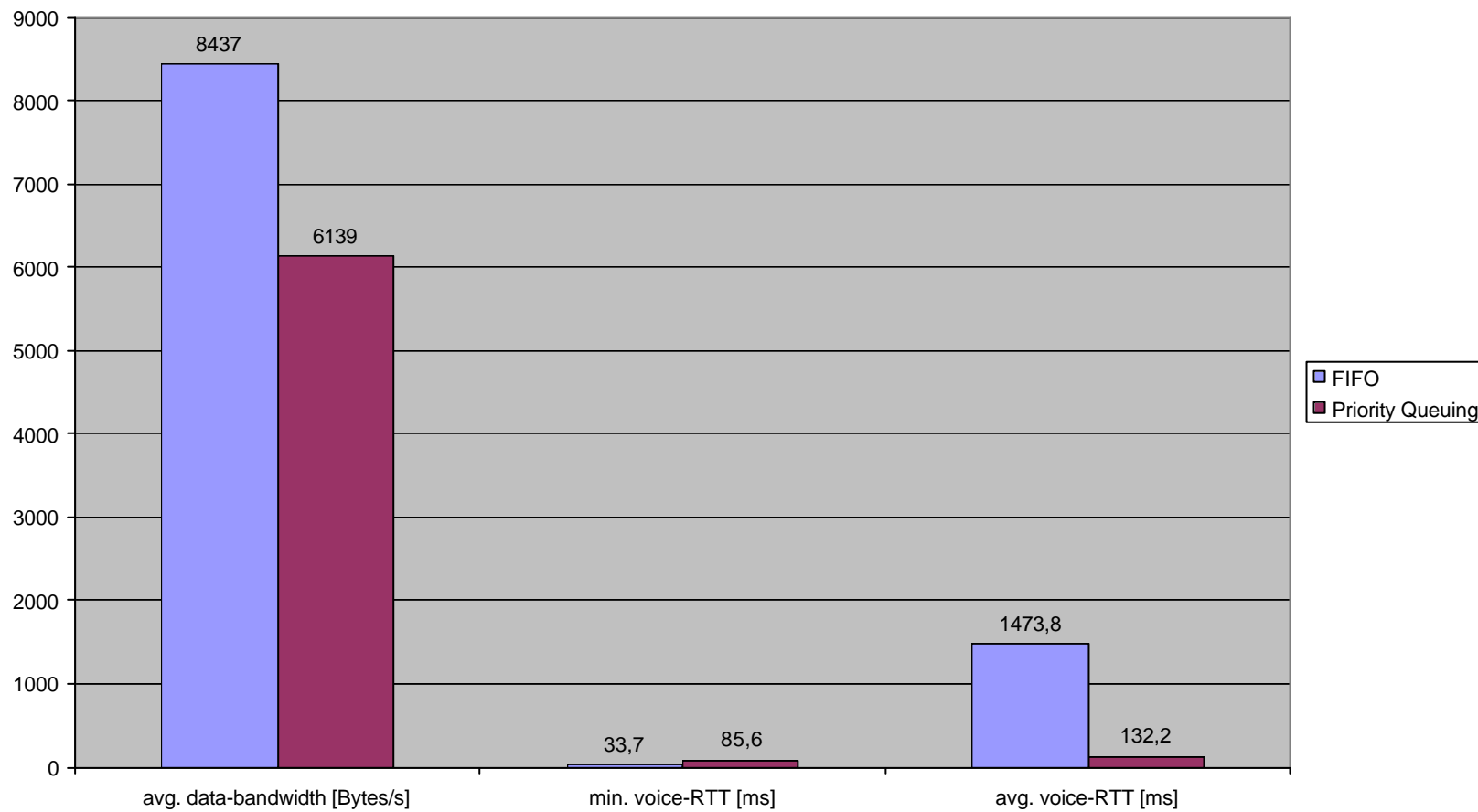
- ISDN (64 kbps): MOS=4,4
    - GSM (14 kbps): MOS<3
    - G.729a (8 kbps): MOS=4,2
    - G.723 (6,3/5,3 kbps): MOS=3,9/3,5

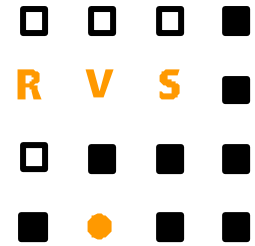






simulated voice (80 Kbit/s) and data (12.8 KByte/s)





- **Literatur**

- Uyles Black, „Voice over IP“, Prentice Hall 1999
- ITU-T H 323, G 113, G 114, etc., [www.itu.org](http://www.itu.org)
- Eduard Siemens „Realisierung und Bewertung eines QoS-Dienstes im Campus-Netz“ Diplomarbeit RVS/Universität Hannover, Mai 2000
- J. Rosenberg, ..., „Telephony Routing over IP (TRIP)“ Internet Draft, Jul 2000  
[www.ietf.org](http://www.ietf.org)
- S. Blake, ..., „An Architecture for Differentiated Services“ RFC 2475, Dec. 1998

- **Implementierungen DiffServ**

- Zusammenschaltung mehrerer DiffServ-Netze: [www.qbone.internet2.org](http://www.qbone.internet2.org)

- **Implementierung IP-Telefonie**

- Kopplung der TK-Anlagen zwischen Universität Hannover und Universität Braunschweig
- Wiptel-Projekt: [www.wiptel.de](http://www.wiptel.de)

