

# VOIP-READY MESSUNG

## DARSTELLUNG DES MESSVERFAHRENS AN EINEM DURCHGEFÜHRTEM PROJEKTBEISPIEL

Erstellt durch:

**NCB GmbH**

Hartwig Bazzanella  
Max-Planck-Straße 6-8  
71116 Gärtringen

Tel.: 07034/256-1008  
hbaz@ncb.de



**Inhaltsverzeichnis**

<b>1</b>	<b>AUFGABENSTELLUNG .....</b>	<b>3</b>
1.1	Allgemein .....	3
1.2	Zielsetzung .....	3
<b>2</b>	<b>TESTAUFBAU UND TESTSZENARIEN .....</b>	<b>4</b>
2.1	Messpunkt.....	4
2.2	Messgeräte .....	4
2.3	Testszenarioszenarien .....	4
2.4	Konfiguration der Netzwerkkomponenten.....	4
2.4.1	Test-Server .....	4
2.4.2	Test-Client .....	4
2.4.3	Telefon .....	4
2.4.4	Messaufbau.....	4
2.5	Beschreibung der Auswertung der VoIP-Simulation.....	5
<b>3</b>	<b>TESTDURCHFÜHRUNG .....</b>	<b>7</b>
3.1	VoIP-Test am Messpunkt 1 .....	7
3.1.1	Test und Ergebnisse .....	7
3.1.2	Beschreibung der Testergebnisse .....	9
<b>4</b>	<b>ZUSAMMENFASSUNG DER TESTERGEBNISSE.....</b>	<b>15</b>
<b>5</b>	<b>GESAMTERGEBNIS.....</b>	<b>18</b>

## 1 AUFGABENSTELLUNG

### 1.1 Allgemein

In einem Unternehmen soll VoIP zum Einsatz kommen. Durch entsprechende Messungen im Netzwerk des Unternehmens soll eine Aussage darüber getroffen werden, inwieweit VoIP eingesetzt werden kann.

### 1.2 Zielsetzung

Für die Überprüfung werden die folgenden Parameter betrachtet:

- **Ende-zu-Ende Verzögerungszeiten**

Die ITU (International Telecommunication Union) definiert in der Empfehlung G.114 für eine sehr gute Sprachqualität Verzögerungszeiten von maximal 90 ms. Bis 15 ms werden gute Sprachqualitäten erreicht. Als noch akzeptabel gelten Verzögerungszeiten zwischen 150 bis 400 ms.

Hierbei muss beachtet werden, dass diese „End-zu-End“ Werte die Zeiten für die Übertragung im Netzwerk, als auch die Codierung bzw. Dekodierung beinhalten. Bei durchschnittlich 30 ms Bearbeitungszeit für das Coding erwarten wir  $90 \text{ ms} - 2 \cdot 30 \text{ ms} = \text{max. } 30 \text{ ms}$  Laufzeit im Netzwerk!

- **Verzögerungszeitschwankungen**

Ursachen für Jitter (Varianz der Laufzeit) mit VoIP sind unterschiedliche Bearbeitungszeiten für das Weiterleiten und Routen von VoIP-Datenpaketen in den Netzwerkkomponenten. Ein Jitter mit mehr als 30 ms wird als störend empfunden.

- **Paketverluste**

Bei der Sprachübertragung mit VoIP können Datenpakete verloren gehen, beispielsweise durch Übertragungsfehler zwischen den Netzwerkkomponenten.

Hierdurch entstehen zusätzliche Verzerrungen. Als tolerabel gilt eine Paketverlustrate von maximal fünf Prozent, 1 % wird hier als Grenzwert angesetzt.

- **Netzlast**

Für die Bewertung der Übertragungsqualität ist die derzeit bestehende Last auf dem Netzwerk eine entscheidende Größe und wird deshalb mit berücksichtigt. Ggf. müssen hier für eine qualitativ hochwertige VoIP Übertragung QoS<sup>1</sup> Maßnahmen umgesetzt werden.

- **Telefax**

Da auch transparente Modem/Data über IP Funktionalität verwendet werden soll, wurde auch dieser Parameter ausgewertet. Als Zielsetzung wird hier ein max. RT-Delay (Trans. Modem/Data) von 10 ms definiert.

---

<sup>1</sup> QoS = Quality of Service

## 2 TESTAUFBAU UND TESTSZENARIEN

### 2.1 Messpunkt

Für die Messung wurde der Messpunkt 1 am Standort 1 festgelegt.

### 2.2 Messgeräte

Für die Durchführung der Tests auf Netzwerk-Ebene wurden folgende Messgeräte eingesetzt:

- VoIP Assessment Tool
- Netzwerkanalyzer OmniPeek der Firma WildPackets für Messungen im GigE Bereich

### 2.3 Testszenarios

Die folgenden beiden Szenarios wurden durchgeführt:

- Test mit VoIP-Telefonen  
Der Test mit zwei VoIP Telefonen wurde mit einem VoIP Assessment Tool durchgeführt und sowohl vom VoIP Assessment Tool als auch vom Netzwerkanalyzer OmniPeek von Wildpackets aufgezeichnet.
- Test mit einem VoIP-Simulator  
Diese Tests wurden mit einem VoIP Simulation Tool durchgeführt und mit dem Netzwerkanalyzer OmniPeek von Wildpackets gemessen.
- Es wurden Tests mit einem Call aufgenommen und mit beiden Messgeräten gemessen.

### 2.4 Konfiguration der Netzwerkkomponenten

Auf den Komponenten der Testumgebung wurden nachfolgend beschriebene Konfigurationen vorgenommen.

#### 2.4.1 Test-Server

Der Server, auf dem die Simulation durchgeführt wurde, erhielt die IP-Adresse 10.201.1.203 und die Subnetzmaske 255.255.255.0. Als Standardgateway wurde die IP-Adresse 10.201.1.254 verwendet.

#### 2.4.2 Test-Client

Die IP-Adresse des Client wurde je nach Lokation manuell eingepflegt und ist in den jeweiligen Messberichten beschrieben.

#### 2.4.3 Telefon

Das VoIP Telefon am Messpunkt 1 erhielt die IP-Adresse 10.201.1.202. Die IP-Adresse des zweiten VoIP Telefons wurde je nach Lokation angepasst.

#### 2.4.4 Messaufbau

Der Messaufbau kann beispielsweise folgendermaßen konfiguriert werden:

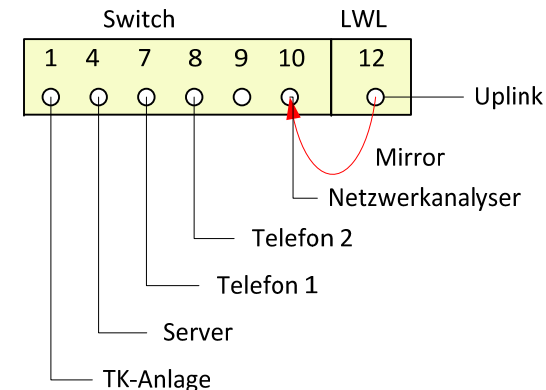


Abbildung 2-1: Referenzmessaufbau am Messpunkt 1

Es war vorgesehen, den Netzwerkanalyzer am 1GigE Port des Switches über einen TAP einzuschleifen, um keine Messverluste zu bekommen. Leider war die TK-Anlage aber mit einem 100 Mbit/s Anschluss konfiguriert, so dass dies nicht möglich war. Eine Umkonfiguration der TK-Anlage war während des Betriebes nicht möglich, so dass hier mit einem Mirror-Port gearbeitet werden musste. Es war bewusst, dass sich die Laufzeiten ggfs. verändern können. In diesem Fall war dies aber ausnahmsweise zu vernachlässigen.

Für den Test am Messpunkt 1 wurde Port 10 für das zweite Telefon verwendet.

## 2.5 Beschreibung der Auswertung der VoIP-Simulation

Neben der Messung mit dem Netzwerkanalyzer wurde auch die Auswertung mit dem VoIP-Assessment Report-Tool durchgeführt. Zu jeder Messung wurde der folgende, beispielhafte Screenshot erstellt:

Time (end of call)	Local Device	Duration	DSP Samples	RTP Packets			MOS	Lost Packets (IP Link)	Roundtrip Delay				Jitter				Voice Continuity			
				Sent	Received	Lost			good	accept.	fair	poor	good	accept.	fair	poor	good	accept.	fair	poor
11:22:00	10.201.1.201	59 sec	11924	1996	1997	0	4.2	0.0 %	12	0	0	0	11924	0	0	0	596	0	0	0
	10.201.1.202	59 sec	11972	1997	1995	1	4.2	0.0 %	11	0	0	0	11972	0	0	0	598	0	0	0

Abbildung 2-2: Screenshot der Messergebnisse mit dem VoIP Simulator

### Legende

- DSP Samples**  
 Vom DSP (Digital Signal Prozessor) im Telefon produziertes Sample. Hier wurde z.B. für den Hinweg von 10.201.1.201 → 10.201.1.202 11924 bzw. 11972 Samples für den Rückweg generiert.

- Quality Level: MOS**  
 In den Einstufungen wird die Verteilung des geschätzten Mean Opinion Score (MOS) nach Qualitätsstufen dargestellt. Der MOS wird für jeden Anruf gemäß ITU G.107 "E-Model" berechnet. Hier wurde ein Hintergrundgeräuschpegel von 35 dB bei der Berechnung zugrundegelegt. Die MOS-Einstufungen wurden farblich wie folgt definiert:

Level	Range
good	$x \geq 4.0$
acceptable	$3.6 \leq x < 4.0$
fair	$3.1 \leq x < 3.6$
poor	$x < 3.1$

Der MOS-Wert für beide Richtungen liegt bei 4,2 und ist somit als „good“ einzustufen, was farblich auch in der Tabelle gekennzeichnet wurde.

- Quality Level: Lost Packets**  
 Verlorene Pakete werden durch unstimmmige Sequenz-Nummern im eingehenden RTP-Strom festgestellt. Beachte: Von IP Telefon A gemeldete verlorene Pakete beziehen sich auf die Richtung von IP Telefon B zu IP Telefon A. Für den Prozentsatz wird die Anzahl verlorener Pakete zu der Gesamtzahl erhaltener Pakete in Beziehung gesetzt.

Die folgenden Kriterien werden zugrundegelegt:

Level	Range
Good	$x < 1.0 \%$
acceptable	$1.0 \% \leq x < 2.0 \%$
Fair	$2.0 \% \leq x < 4.0 \%$
Poor	$x \geq 4.0 \%$

Das Ergebnis des Quality Levels Lost Packets lag in beiden Richtungen bei kleiner als einem Prozent und kann somit als „good“ eingestuft werden.

- Quality Level: Roundtrip Delay**  
 Der Roundtrip Delay, gemessen in Millisekunden, wird aus den RTCP Paketen bestimmt. Alle 5 Sekunden wird von den Telefonen ein RTCP-Paket gesendet, um die Quantität in Bezug auf die Anzahl der übertragenen

RTP-Pakete während des Telefonats zu überprüfen. Die Roundtrip Delay-Einstufungen werden wie folgt klassifiziert:

Level	Range
good	0 ms ... 40 ms
acceptable	41 ms ... 80 ms
fair	81 ms ... 150 ms
poor	151 ms ... >250 ms

Die Roundtrip Delay-Ergebnisse der obigen Messungen zeigen, dass in Richtung .1.201→.1.202 12 RTCP-Pakete gesendet wurden. Die gemessene Zeit lag zwischen 0 und 40 ms und wurde somit als „good“ eingestuft. Dies gilt gleichermaßen für die Gegenrichtung mit 11 gesendeten RTCP-Paketen.

▫ Quality Level: Jitter (Varianz der Verzögerung)

Mit dem Ausdruck Jitter bezeichnet man die zeitlichen Fluktuationen der Netzwerk-Verzögerung, welche unerwünschte Irregularitäten im Sprachfluss hervorrufen. Um eine regelmäßige Wiedergabe sicherzustellen, benutzen die IP Telefone einen internen Puffer, um zu früh oder zu spät angekommene Pakete aufzunehmen. Die Tiefe dieses Puffers wird in diesem Fall dynamisch angepasst. Das IP Telefon versucht ihn soweit wie möglich zu verringern. Deshalb ist die Tiefe des Jitter Buffers ein gutes Maß für die Bestimmung vom Jitter.

Die Einstufungen des Jitter erfolgt wie folgt:

Level	Range
good	1 packet
acceptable	2 packets
fair	3 packets
poor	4 packets ... 10+ packets

Als Ergebnis dieser Messung wurden alle DSP-Samples als „good“ bezeichnet, d.h. hier wurde max. 1 Paket im Jitter Buffer des Telefons gehalten.

▫ Quality Level: Voice Continuity / Sprachqualität

Für 100 ms Intervalle wird errechnet wie die Sprachpakete am DSP (digital signal processor) ankommen. Die Werte in den Spalten geben die Anzahl der 100 ms Intervalle an, die entweder normal abgespielt wurden oder in zunehmend qualitätsbeeinträchtigenderweise ("bursty") verloren gegangen sind:

- Die Anzahl in der Spalte "Good" gibt an, wie viel 100 ms Intervalle normal abgespielt wurden oder bei welchen der Verlust keine hörbare Auswirkung auf die Sprachqualität hatte.
- Die Anzahl in der Spalte "Acceptable" gibt an, wie viel Intervalle verloren gingen, aber wo der Verlust nur geringe Auswirkung auf die Sprachqualität hatte.
- Die Anzahl in der Spalte "Fair" gibt an, wie viel Intervalle verloren gingen und wo der Verlust eine deutliche Auswirkung auf die Sprachqualität hatte.
- Die Anzahl in der Spalte "Poor" gibt an, wieviel Intervalle verloren gingen und wo der Verlust eine nicht mehr tragbare Verschlechterung der Sprachqualität mit sich brachte.

Als Voice Continuity-Ergebnis dieser Messung sind 100% aller Pakete als „good“ eingestuft worden und sind somit normal abgespielt worden.

### 3 TESTDURCHFÜHRUNG

#### 3.1 VoIP-Test am Messpunkt 1

##### 3.1.1 Test und Ergebnisse

Tabelle 3-1: Testplan VoIP-Test Messpunkt 1

Testnr. 001	VoIP-Test mit 2 Telefonen	Test erfolgreich?	Ja	Teilweise	Nein
			<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<b>Kurzbeschreibung</b>	VoIP-Test mit VoIP Telefonen				
<b>Datum/Uhrzeit</b>	22.11.2007 / 11:20 - 12:45 Uhr				
<b>Dauer</b>	Ca. 1 Minute pro Test				
<b>Eingangskriterien</b>	keine				
<b>Ort</b>					
<b>Test-Aufbau</b>	Für den Test wurden die beiden Telefone sowie der PC und der Server einmal im Hub und einmal im Switch mit einem Mirror Port angeschlossen. Bei der ersten Messung wurde der Hub verwendet, bei der folgenden Messung der Switch. Der Testaufbau mit dem Switch wurde für alle weiteren Messpunkte in den weiteren Lokationen verwendet.				
<b>IP-Adresse Client</b>	-				
<b>IP Adresse Telefon</b>	10.201.1.201				

<b>Durchführung</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▫ Test mit zwei VoIP Telefonen im Hub Log-Datei: Messpunkt_1_hub.aviso</li> <li>▫ Test mit zwei VoIP Telefonen im Switch Log-Datei: Messpunkt_1_switch.aviso</li> </ul>
<b>Erwartetes Ergebnis</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▫ One-Way-Delay ≤ 100 ms</li> <li>▫ VoIP -Jitter ≤ 30 ms</li> <li>▫ Telefonie-Jitter ≤ 1 Packet</li> <li>▫ Packet Loss ≤ 1%</li> </ul>
<b>Eingetretenes Ergebnis</b>	Die erwarteten Ergebnisse wurden erreicht. Es wurden die folgenden Werte gemessen:
Messung mit einem abgesetzten Hub:	<ul style="list-style-type: none"> <li>▫ 10.201.1.202 → 10.201.1.201                             <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Jitter: 0,45 ms</li> <li>▪ Telefonie-Jitter: zu 100 % 0 bis max. 1 Packet im Jitterbuffer</li> <li>▪ One-Way-Delay: 59 ms, d.h. &lt; 1 ms bei Berücksichtigung des G.711 Codecs mit 2*30 ms</li> <li>▪ Packet Loss: 0 %</li> </ul> </li> <li>▫ 10.201.1.201 → 10.201.1.202                             <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Jitter: 0,33 ms</li> <li>▪ Telefonie-Jitter: zu 100 % 0 bis max. 1 Packet im Jitterbuffer</li> <li>▪ One-Way-Delay: 59 ms</li> <li>▪ Packet Loss: 0,05 %</li> </ul> </li> </ul>

Messung mit dem Switch und Verwendung eines Mirror Ports	<ul style="list-style-type: none"> <li>▫ 10.201.1.202 → 10.201.1.201 <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Jitter: 0,39 ms</li> <li>▪ Telefonie-Jitter: zu 100 % 0 bis max. 1 Packet im Jitterbuffer</li> <li>▪ One-Way-Delay: 60 ms, d.h. &lt; 1 ms</li> <li>▪ Packet Loss: 0 %</li> </ul> </li> <li>▫ 10.201.1.201 → 10.201.1.202 <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Jitter: 0,48 ms</li> <li>▪ Telefonie-Jitter: zu 100 % 0 bis max. 1 Packet im Jitterbuffer</li> <li>▪ One-Way-Delay: 60 ms, d.h. &lt; 1 ms</li> <li>▪ Packet Loss: 0 %</li> </ul> </li> </ul>
<b>Weiterführende Aktionen</b>	keine
<b>Kommentar</b>	Die Telefonanlage wird nur mit 100 Mbits/s betrieben, so dass der Netzwerkanalyzer nicht mit dem 1GigE-TAP eingeschliffen werden konnte.
	Die mit dem Analyzer gemessene Zeit von 59 ms ist unter Berücksichtigung der im G.711 Codec enthaltenen Laufzeit von 30 ms ( $2 \cdot 30 \text{ ms} = 60 \text{ ms}$ ) realistisch und passt mit dem parallel gemessenen Round Trip Delay von 0-40 ms zusammen. Der gemessene Wert von 60 ms abzüglich $2 \cdot 30 \text{ ms}$ Codec ergibt eine Netzwerklaufzeit von < 1 ms unter Berücksichtigung eines „Average Bias“ von ca. 1-3 ms! Hier handelt es sich um einen kalkulierten (symmetrischen) One-Way-Delay der nach der Formel: (Symmetric) One Way Delay = Total round trip delay / 2 berechnet wird

### 3.1.2 Beschreibung der Testergebnisse

#### 3.1.2.1 Test mit zwei Telefonen im abgesetzten Hub

Da die TK-Anlage lediglich mit 100BaseT betrieben wurde, konnte keine Messung mit dem 1GigE TAP (TAP Test Access Point) durchgeführt werden. Aus diesem Grund wurde der folgende Messaufbau erstellt:

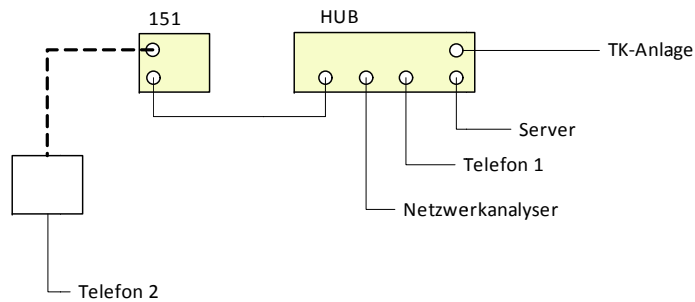


Abbildung 3-1: Messaufbau mit dem Hub am Messpunkt 1

Session	Unavailable Tickets	Communication Data	Session View	Session by Time Range	Quality Levels															
Time (end of call)	Local Device	Duration	DSP Samples	RTP Packets			MOS	Lost Packets (IP Link)	Roundtrip Delay				Jitter				Voice Continuity			
				Sent	Received	Lost			good	accept.	fair	poor	good	accept.	fair	poor	good	accept.	fair	poor
11:22:00	10.201.1.201	59 sec	11924	1996	1997	0	4.2	0.0 %	12	0	0	0	11924	0	0	0	596	0	0	0
	10.201.1.202	59 sec	11972	1997	1995	1	4.2	0.0 %	11	0	0	0	11972	0	0	0	598	0	0	0

Abbildung 3-2: Anzeige der Messergebnisse des VoIP Assessment Tools – Messpunkt 1 im Hub

Einzelergebnisse des VoIP Assessment Tool:

Quality Level	Wert	Ergebnis
MOS	4,2	good
Lost Packets	0%	good
Roundtrip Delay	100%	good
Jitter	100%	good
Voice Continuity	100%	good

Zusammenfassung der Einzelergebnisse:

■ Hier kann VoIP problemlos eingeführt werden.

Messung mit Netzwerkanalyzer, Testzeitraum: 11:20:29 Uhr bis 11:25:04 Uhr

Anzahl Packets: 19.567

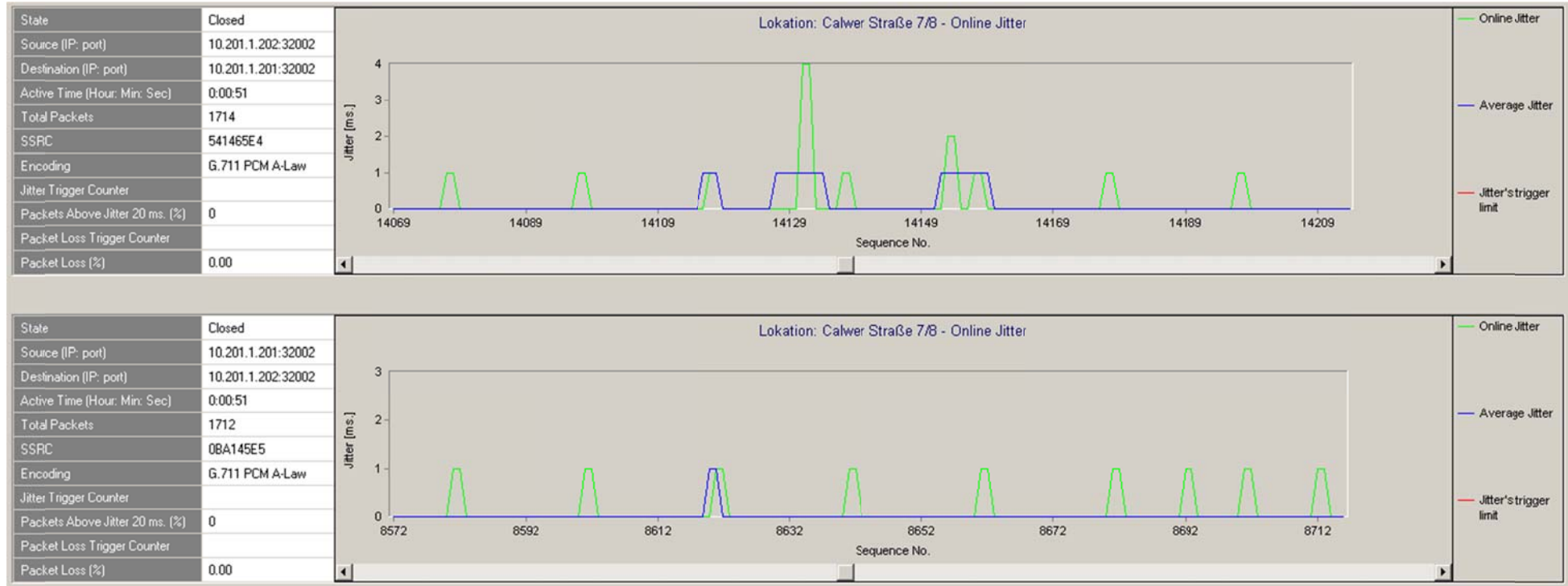


Abbildung 3-3: Online Jitter - Messpunkt 1 im Hub, Messung mit OmniPeek

Die Plateaubildung z.B. beim „grünen“ Online-Jitter ergibt sich, wenn mehrere aufeinanderfolgende Sequenzen denselben Jitter-Wert haben. Hierbei wird der Messwert von der Auswertesoftware auf 1 ms gerundet. Zur Verdeutlichung wurden einige beispielhafte Messwerte in der folgenden Tabelle mit aufgeführt:

No.	Sequ...	Payload Length	Time Stamp	Absolute Time	Delta Time (ms.)	Expected Time	Packets Delay Variation (ms.)	Jitter (ms.)
490	11763	240	1446592486	10:18:57.377	30	10:18:57.377	0	0
491	11764	240	1446592726	10:18:57.408	31	10:18:57.407	1	1
492	11765	240	1446592966	10:18:57.437	29	10:18:57.438	-1	1
493	11766	240	1446593206	10:18:57.468	31	10:18:57.467	1	1
494	11767	240	1446593446	10:18:57.497	29	10:18:57.498	-1	1
495	11768	240	1446593686	10:18:57.527	30	10:18:57.527	0	0

Abbildung 3-4: Online Jitter – Plateaubildung

Die folgende Abbildung zeigt die gemessene Netzlast:

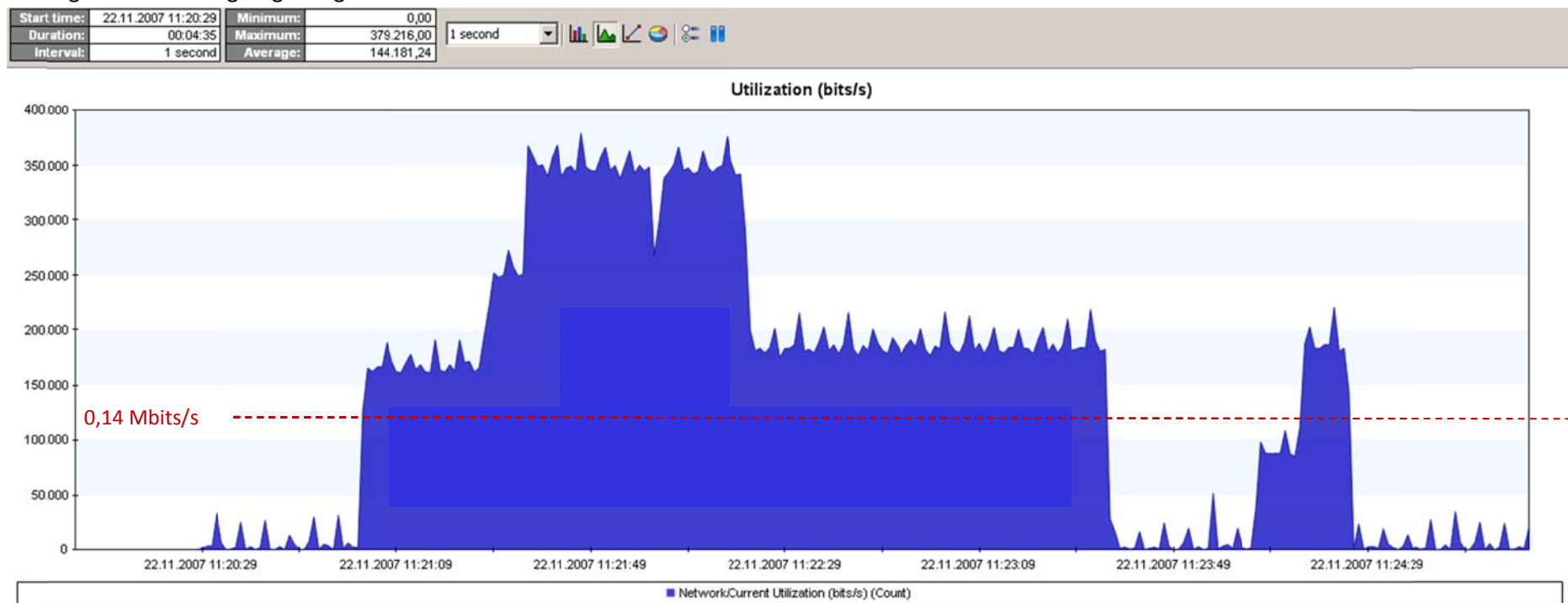


Abbildung 3-5: Netzlast - Messpunkt 1 im Hub, Messung mit OmniPeek

### 3.1.2.2 Test mit zwei Telefonen, Anschluss des Netzwerkanalyzers über einen Mirror Port am Switch

Da die bestehende Netzlast im tatsächlichen Zugang zum Core und zu den weiteren Geräten im 1GigE Bereich gemessen werden sollte, wurde der Messaufbau geändert und der bestehende Switch angepasst. Hier konnte wegen der LWL Verbindung zum Uplink kein TAP eingesetzt werden, so dass mit einem Mirror Port gearbeitet werden mußte. Das folgenden Bild zeigt den Messaufbau:

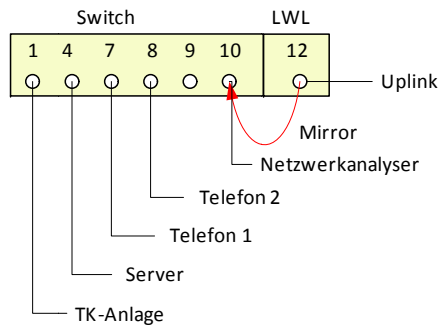


Abbildung 3-6: Messaufbau mit dem bestehenden Switch am Messpunkt 1

Session		Unavailable Tickets		Communication Data			Session View	Session by Time Range				Quality Levels										
Time (end of call)	Local Device	Duration	DSP Samples	RTP Packets			MOS	Lost Packets (IP Link)	Roundtrip Delay				Jitter				Voice Continuity					
				Sent	Received	Lost			good	accept.	fair	poor	good	accept.	fair	poor	good	accept.	fair	poor		
12:31:40	10.201.1.201	60 sec	11958	1997	1997	0	4.2	0.0 %	12	0	0	0	0	11958	0	0	0	0	597	0	0	0
	10.201.1.202	60 sec	11942	1997	1997	0	4.2	0.0 %	11	0	0	0	0	11942	0	0	0	0	597	0	0	0
12:32:41	10.201.1.201	59 sec	11958	1997	1997	0	4.2	0.0 %	12	0	0	0	0	11958	0	0	0	0	597	0	0	0
	10.201.1.202	59 sec	11942	1997	1996	0	4.2	0.0 %	11	0	0	0	0	11942	0	0	0	0	597	0	0	0

Abbildung 3-7: Anzeige der Messergebnisse des VoIP Assessment Tools – Messpunkt 1 im Switch

Einzelergebnisse des VoIP Assessment Tool:

Quality Level	Wert	Ergebnis
MOS	4,2	good
Lost Packets	0%	good
Roundtrip Delay	100%	good
Jitter	100%	good

Quality Level	Wert	Ergebnis
Voice Continuity	100%	good

Zusammenfassung der Einzelergebnisse:

■ Hier kann VoIP problemlos eingeführt werden

Messung mit Netzwerkanalyzer, Testzeitraum: 12:29:58 Uhr bis 12:34:28 Uhr

Anzahl Packets: 9.431

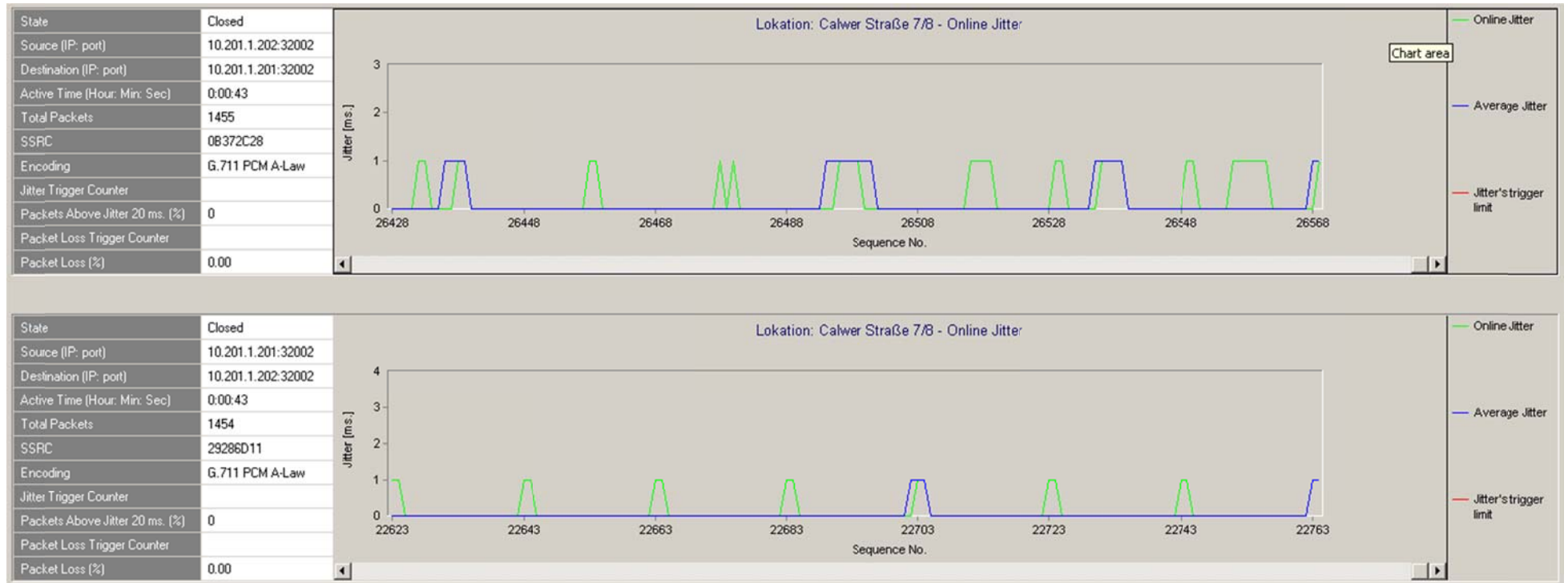


Abbildung 3-8: Online Jitter – Messpunkt 1 im Switch, Messung mit OmniPeek

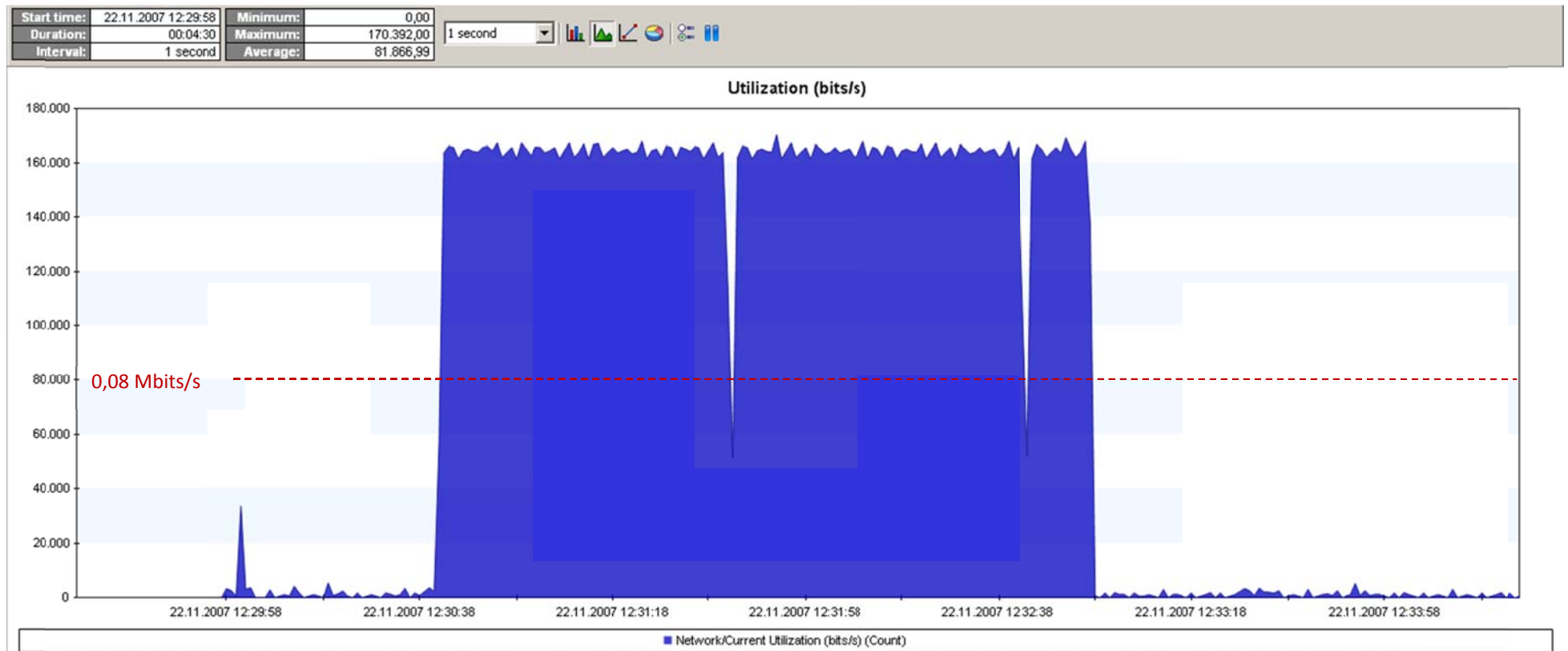


Abbildung 3-9: Netzlast - Messpunkt 1 im Switch, Messung mit OmniPeek

#### 4 ZUSAMMENFASSUNG DER TESTERGEBNISSE

Die Werte am Messpunkt 1, die mit dem Netzwerkanalyzer ermittelt wurden, sind in der folgenden Tabelle zusammengefasst.

Tabelle 4-1: Messpunkte: Messpunkt 1 im Hub und Messpunkt 1 im Switch

	Calwer Straße (Hub)		Calwer Straße (Switch)	
	10.201.1.202 → 10.201.1.201	10.201.1.201 → 10.201.1.202	10.201.1.202 → 10.201.1.201	10.201.1.201 → 10.201.1.202
Codec	G.711 PCM A-Law	G.711 PCM A-Law	G.711 PCM A-Law	G.711 PCM A-Law
SSRC	5,41E+09	ba145e5	22c522aa	6476095f
Total Packets	1997	1995	1996	1997
Packet Loss (%)	0.000	0.050	0.000	0.000
Jitter (ms.)	0,33	0,45	0,39	0,48
Source IP Address	10.201.1.202	10.201.1.201	10.201.1.202	10.201.1.201
Destination IP Address	10.201.1.201	10.201.1.202	10.201.1.201	10.201.1.202
Source UDP Port	32002	32002	32002	32002
Destination UDP Port	32002	32002	32002	32002
Average Throughput (Fps)	33.349	33.333	33.349	33.349
Average Audio Throughput (Kbps)	63.360	63.360	63.360	63.360
Total Saved Packets	1997	1995	1996	1997
Total Bytes	567148	566580	566864	567.148
Total Audio Bytes	479280 (84.5%)	478800 (84.5%)	479040 (84.5%)	479280 (84.5%)
Total Overhead Bytes	87868	87780	87824	87868
Lost Packets	0	1	0	0
Lost Packet Burst	0	0	0	0
Min. Packet Loss Burst	0	0	0	0

	Calwer Straße (Hub)		Calwer Straße (Switch)	
Max. Packet Loss Burst	0	0	0	0
Average Packet Loss Burst	0	0	0.000	0.000
Out of Sequence Packets	0	0	0	0
Duplicate Packets	0	0	0	0
Minimum RTP Payload Length	240	240	240	240
Maximum RTP Payload Length	240	240	240	240
Average RTP Payload Length	240	240	240	240
Total Time (Hour: Min: Sec. ms)	0:00:59.882	0:00:59.850	0:00:59.851	0:00:59.881
Quiet (silence suppression) Time (Hour: Min: Sec. ms)	0:00:00.000 (0.00%)	0:00:00.000 (0.00%)	0:00:00.000 (0.00%)	0:00:00.000 (0.00%)
Minimum Packets Delay Variation (ms.)	-4	-8	-8	-4
Maximum Packets Delay Variation (ms.)	5	8	8	4
Average Packets Delay Variation (ms.)	0.001	0.000	0.001	0.001
Minimum Bias (ms.)	-2	-2	-1	-1
Maximum Bias (ms.)	6	8	7	3
Average Bias (ms.)	-0.012	-0.840	0.021	0.237
Packets over Delay Variation Thresh- old	0	0	0	0
50% of Packets Below Delay Variation (ms.)	0	0	0	0
90% of Packets Below Delay Variation (ms.)	0	0	0	0

	Calwer Straße (Hub)		Calwer Straße (Switch)	
99% of Packets Below Delay Variation (ms.)	1	1	1	1
99.9% of Packets Below Delay Variation (ms.)	3	7	2	1
Average R Factor	93	93	93	93
Average PMOS	4.20	4.20	4.20	4.20
Minimum R Factor	93	93	93	93
Minimum PMOS	4.20	4.20	4.20	4.20
Maximum R Factor	93	93	93	93
Maximum PMOS	4.20	4.20	4.20	4.20
Average Burst R Factor	92	91	92	92
Average Gap R Factor	92	91	92	92
Burst Count	0	0	0	0
Average Burst Packet Count	0	0	0	0
Maximum Burst Packet Count	0	0	0	0
Average Burst Length (ms.)	0	0	0	0
Maximum Burst Length (ms.)	0	0	0	0
One-Way-Delay (ms)	59 (<=1)	59 (<=1)	60 (<=1)	60 (<=1)

## 5 GESAMTERGEBNIS

Am Messpunkt 1 kann problemlos VoIP eingeführt werden.

### Jitter

Der Grenzwert für den Jitter, der im VoIP Betrieb als störend empfunden werden kann, liegt bei  $\leq 30$  ms. Die Messungen ergaben einen durchschnittlichen Jitter zwischen 0,33 ms und 0,48 ms.

Es wurde jeweils der vom Netzwerkanalyzer gemessene Wert für den Mediastream zu Grunde gelegt.

### Delay

Ein End-zu-End Delay unter 90 ms ergibt eine sehr gute Sprachqualität. Die mit dem Assessment Tool durchgeführten Messungen ergaben einen Round Trip Delay von 0 bis 40 ms, was einem One-Way Delay von 0 - 20 ms entspricht. Mit dem Netzwerkanalyzer wurde ein One-Way Delay Wert von  $\leq 1$  ms für die Laufzeit des Netzwerkes gemessen.

### Paketverlust

Der Grenzwert für den Paketverlust liegt bei  $\leq 1$  %. Bei allen Messungen gingen keine Pakete verloren.

### Durchschnittliche Netzlast

Die durchschnittliche Netzlast am Messpunkt 1 liegt zwischen 0,08 und 0,14 Mbits/s. Mit diesen Werten kann auf QoS2/CoS3 Maßnahmen verzichtet werden. Ggf. muss hier ein Langzeittest zeigen, ob diese Werte zu jedem Zeitpunkt gelten.

---

2 Quality of Service

3 Class of Service

### Maximale Verzögerung für Telefax

In der folgenden Tabelle ist die maximale Verzögerung als der höchste gemessene Wert der RTCP Round Trip Delay aufgeführt. Die angegebenen Zeiten beziehen sich **ausschließlich** auf die Messung für den Telefaxdienst.

Tabelle 5-1: Maximale RTD für Transp. Modem/Data

Messpunkt	Max. RT Delay (ms) (Transp. Modem/Data)
Messpunkt 1 - Hub	7 ms
Messpunkt 1- Switch	7 ms

Als Zielsetzung wurde hier ein Wert  $< 10$  ms definiert.

**■** Fax über IP ist am Messpunkt 1 möglich.

Die Messwerte liegen unter den geforderten Grenzwerten, so dass VoIP auf der gemessenen Strecke eingeführt werden kann.