

# **ABSCHLUSSBERICHT**

(Endgültige Version vom 30.05.2001)

**Gigabit Testbed Süd**

**Teilprojekt 1.15**

**Übertragung und Test von Aufzeichnungsverfahren für  
Videodatenströme über Hochgeschwindigkeitsnetze**

**"Teleendoskopie"**

Projektleitung:	<p><b>Dr. P. Holleczek</b>  Regionales Rechenzentrum der FAU Erlangen-Nürnberg  Martensstr. 1  91058 Erlangen  Tel.: 09131/85-27817  Fax: 09131/302941  Email: <a href="mailto:Peter.Holleczek@rrze.uni-erlangen.de">Peter.Holleczek@rrze.uni-erlangen.de</a></p>
Mitarbeiter des Regionalen Rechenzentrums der FAU-Erlangen-Nürnberg	<p><b>Dipl. inf. K. Liebl</b>  Tel.: 09131/85-27813  Fax: 09131/302941  Email: <a href="mailto:Kersten.Liebl@rrze.uni-erlangen.de">Kersten.Liebl@rrze.uni-erlangen.de</a></p>
Mitarbeiter der Medizinischen Klinik II der LMU-München:	<p><b>Prof. Dr. med. M. Sackmann</b>  Klinikum Großhadern  Medizinische Klinik II  Gallensteinambulanz  81366 München  Tel.: 089/7095-2291  Email: <a href="mailto:michael.sackmann@med2.med.uni-muenchen.de">michael.sackmann@med2.med.uni-muenchen.de</a>  <b>Thomas Hengstenberg</b>  Tel.: 089/7095-2291  Email: <a href="mailto:thomas.hengstenberg@med2.med.uni-muenchen.de">thomas.hengstenberg@med2.med.uni-muenchen.de</a></p>
Mitarbeiter der Medizinischen Klinik I mit Poliklinik der FAU-Erlangen-Nürnberg:	<p><b>Dr. med. Thomas Rabenstein</b>  Tel.: 09131/85-33434  Fax: 09131/85-36909  Email: <a href="mailto:Thomas.Rabenstein@med1.med.uni-erlangen.de">Thomas.Rabenstein@med1.med.uni-erlangen.de</a>  <b>Dr. med. Jürgen Maiss</b>  Tel.: 09131/85-33434  Fax: 09131/85-36909  Email: <a href="mailto:Juergen.Maiss@med1.med.uni-erlangen.de">Juergen.Maiss@med1.med.uni-erlangen.de</a>  <b>Dipl. inf. Martin Stock</b>  Medizinische Klinik I mit Poliklinik der FAU Erlg-Nürnberg  Krankenhausstraße 12  91054 Erlangen  Tel.: 09131/85-32066  Fax: 09131/85-36909  Email: <a href="mailto:Martin.Stock@med1.med.uni-erlangen.de">Martin.Stock@med1.med.uni-erlangen.de</a>  <b>Prof. Dr. med. E.G. Hahn</b>  Medizinische Klinik I mit Poliklinik der FAU Erlg-Nürnberg  Krankenhausstraße 12  91054 Erlangen  Tel.: 09131/85-33362  Fax: 09131/85-36909  Email: <a href="mailto:Eckhart.Hahn@med1.med.uni-erlangen.de">Eckhart.Hahn@med1.med.uni-erlangen.de</a></p>
Projektbeginn: Projektende: Verlängerungsbeginn: Verlängerungsende:	<p>1. August 1998  31. Juli 2000  01.09.2000  31.03.2001</p>

## 1. Projektvorbereitungen

Über das ATM-Backbone-Netz der Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg wurde vom Regionalen Rechenzentrum Erlangen (RRZE) eine 155Mbps-Verbindung zwischen dem Gigabit-Testbed-Süd und der Medizinischen Klinik I mit Poliklinik (Endoskopieabteilung) geschaltet. Endpunkt in der Klinik war in der Entwicklungsphase das Computerlabor der Medizinischen Klinik I mit Poliklinik Erlangen, später in der Betriebsphase der Besprechungsraum mit Videoregiewand der Endoskopieabteilung. Parallel dazu wurden in München vom Leibniz-Rechen-Zentrum (LRZ) entsprechende Verbindungen zur Verfügung gestellt.

Diese Verbindungen dienten exklusiv zur Aufrechterhaltung der Datenkommunikation mit dem Video-Server und der Bildkommunikation über die Codecs.

Die Beschaffung und Inbetriebnahme der Codecs erwies sich als aufwendiger und langwieriger als geplant. Der ursprüngliche Lieferant, die Fa. Alcatel konnte seine Zusagen letztlich nicht einhalten, sodass der Markt unter Zeitdruck neu erkundet werden musste. Festgehalten wurde an der Forderung nach MPEG2-Komprimierung im 4:2:2-Format (mit bis zu 40 Mbps Übertragungsrate), da nur so die höchstmögliche Übertragungsqualität sichergestellt werden konnte. Ersatzweise kam die Fa. Tektronix zum Zuge. Sie konnte zwar Codecs im vorgesehenen Preisrahmen liefern, nur war deren "Latency" mit ca. 800 ms viel zu hoch. In wiederum langwierigen Nachverhandlungen konnte erreicht werden, dass die Software überarbeitet und eine "Latency" von ca. 200 ms erreicht wurde. Auf dieser Basis erfolgte dann die Beschaffung. Die Codecs erwiesen sich leicht handhabbar und betriebsstabil.

Die Verzögerungen bei der technischen Inbetriebnahme des Projektszenarios wirkte sich teilweise auf die Anwendungsphase des Projektes aus. In der aus ärztlichen Sicht entscheidenden Projektphase mit regelmässigen telemedizinischen Videokonsultationen stand Hr. Dipl. inf. M. Stock wegen seines auslaufenden Vertrages nur noch partiell zur Verfügung. Dem ausserordentlichen Engagement der an der praktischen Projektdurchführung beteiligten Ärzte in Erlangen und München, aber auch der Entschlossenheit der Klinikleitung der Medizinischen Klinik I mit Poliklinik in Erlangen und der Projektleitung am Regionalen Rechenzentrum Erlangen ist es zu verdanken, dass auch nach dem offiziellen Ende der Projektlaufzeit intensiv am Teilprojekt 1.15 weitergearbeitet wurde. Viele der nachfolgend dargestellten Ergebnisse konnten nur durch die zumeist in der Freizeit geleistete Arbeit der beteiligten Ärzte gewonnen werden.

## 2. Projektergebnisse

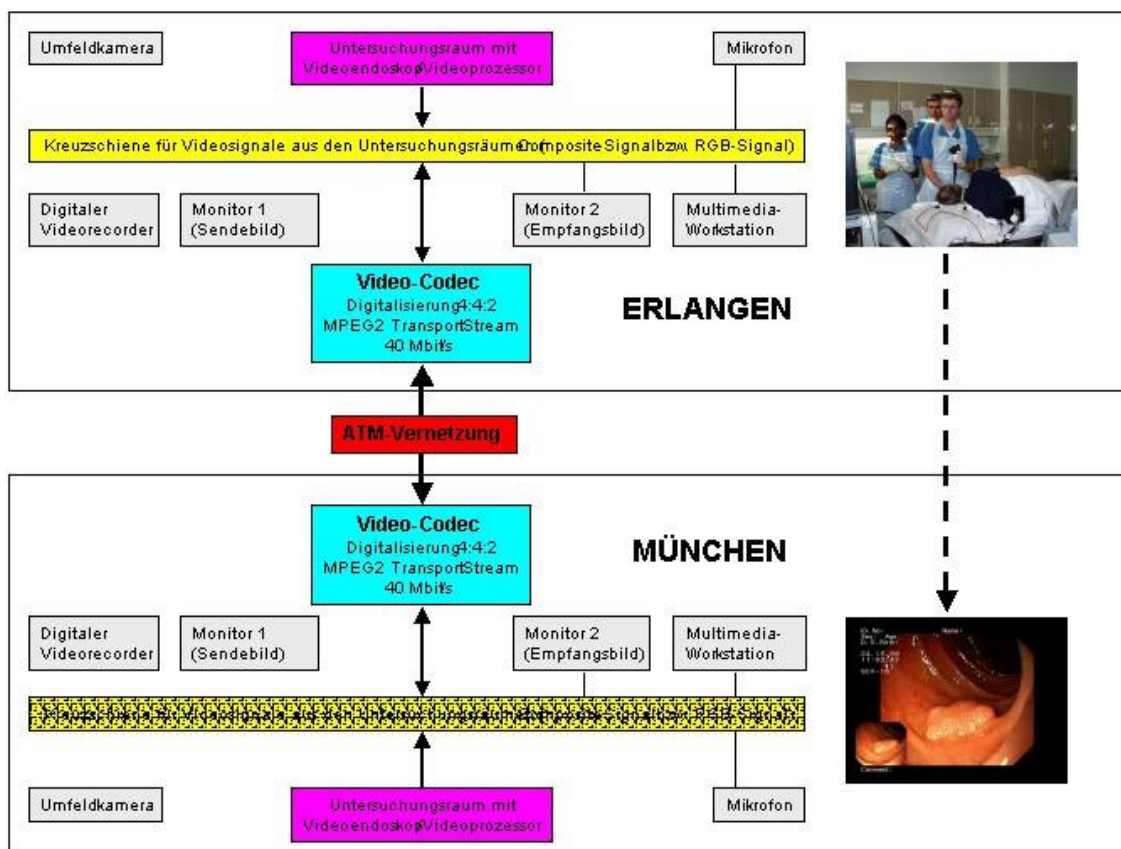
Die Projektergebnisse gliedern sich in den Anwendungskomplex Bildübertragung mit mehreren Teilprojekten und den Gesamtkomplex Bildspeicherung, Weiterverwendung und Benutzeroberfläche zur Protokollierung und Befundung.

### 2.1. Bildübertragung

#### 2.1.1. Projektszenario

Das Projektszenario für die Bildübertragung zur Telekonsultation wird in Abbildung 1 veranschaulicht:

Abbildung 1: Projektszenario für Live-Teleendoskopie im Gigabit-Testbed-Süd



### 2.1.2. Teleendoskopie:

Seit Abschluss der Entwicklungsarbeiten fanden regelmässige Teleendoskopie-Sitzungen zwischen Erlangen und München statt (Donnerstags 11-12 Uhr). Mit der Schaffung eines festen Termins konnte die wesentliche Schwierigkeit, nämlich die Verfügbarkeit der ärztlichen Fachspezialisten, überwunden werden. Es wurde live über die Teststrecke kommuniziert (Mikrofon und Raumkamera). Übertragungsinhalte waren initial Videokonserven und nachfolgend überwiegend Live-Untersuchungen, die bidirektional übertragen und von den Projektpartnern gemeinsam live diskutiert wurden. Zur Beurteilung der Übertragungs- und Bildqualität wurde umseitig dargestelltes Erfassungsprotokoll prospektiv verwendet (Abbildung 2).

Eine vorläufige Auswertung der wöchentlichen Teleendoskopie-Sitzungen erbrachte folgende Ergebnisse (Abbildung 3):

44 Sequenzen verschiedener endoskopischer Untersuchungen von  $8 \pm 7$  Minuten Dauer wurden über die Gigabit-Teststrecke übertragen (MPEG2 [4:2:2]; 40 Mbps). 4 Sequenzen konnten wegen technischer Probleme nicht bewertet werden. Fehlerquellen, die die medizinische Bewertung von Untersuchungssequenzen unmöglich machten, waren eine fehlende Time-Base-Korrektur bei Übertragung von Röntgendurchleuchtungen ( $n=2$ ), bei Übertragung von vorbereiteten Videosequenzen ( $n=1$ ) und einmal wurde ein Netzwerkproblem als Fehlerquelle vermutet. Die videorecorderbedingten Störungen konnten durch Anschaffung eines modernen digitalen Videorecorders beseitigt werden. Für die Beschaffung eines Gerätes zur Time-Base-Korrektur bei Übertragungen von Röntgendurchleuchtungen standen keine Mittel zur Verfügung.

40 übertragene Sequenzen waren bewertbar. In allen Fällen wurde beim Empfänger eine sehr gute Punktschärfe festgestellt (gute Punktschärfe:  $n = 40$ ). Bewegungsartefakte wurden empfängerseitig bei keiner Sequenz beobachtet (Bewegungsartefakte:  $n = 0$ ). Bildstörungen wurden bei 36 Sequenzen verneint; bei 4 Sequenzen wurden gelegentlich Pixelblöcke beobachtet (Bildstörungen:  $n = 4$ ), die sich auf die medizinische Bewertbarkeit der Sequenz jedoch nicht auswirkten. Die zusammenfassende Bewertung der Bildqualität war 27 mal sehr gut und 13 mal gut (gute bis sehr gute Bildqualität:  $n = 40$ ). Ursache der geringfügig suboptimalen Bewertung der Bildqualität in 13 Fällen war, dass trotz fehlender Time-Base-Korrektur weiterhin Untersuchungssequenzen mit Röntgendurchleuchtungen übertragen wurden. Im Gegensatz zu 2 Sequenzen, bei denen diese Störquelle eine Bewertung nicht zuließ und die bei der weiteren Auswertung nicht berücksichtigt wurden, waren die Time-Base-Korrektur bedingten Störungen in 13 Fällen geringfügig, d.h. das durchlaufende Bild stabilisierte sich innerhalb kurzer Zeit und die Wahrnehmung des relevanten Bildinhaltes war möglich. Empfängerseitig wurden diese Störungen als so geringfügig empfunden, dass die Bildqualität immer noch als gut bewertet wurde. Somit war eine telemedizinische Befundung in allen 40 auswertbaren Sequenzen möglich.

**Abbildung 2: Erfassungsprotokoll für telemedizinische Konsultationen im Gigabit-Testbed-Süd**

<b>Gigabit Testbed Süd - Teilprojekt 1.15</b>							
<b>Übertragung und Test von Aufzeichnungsverfahren für Videodatenströmen über Hochgeschwindigkeitsnetzenetze</b>							
Übertragungsprotokoll (Zusammenfassung einer Telekonferenz-Sitzung)							
Datum  __ __  __ __  __ __				Arbeitsnummer:  __ __ __			
Beginn Übertragung:  __ __  __ __				Ende Übertragung:  __ __  __ __			
Teilnehmer:		Erlangen:		München:			
1.		_____		_____			
2.		_____		_____			
3.		_____		_____			
4.		_____		_____			
Ziel der Übertragung				<input type="checkbox"/> Projektvorbereitung <input type="checkbox"/> Routine-Zweitbefundung <input type="checkbox"/> Bewertung komprimierte Übertragung			
Verbindungsaufbau:				<input type="checkbox"/> Technische Assistenz (Informatiker) <input type="checkbox"/> Durch Anwender/Endoskopie			
Übertragungssequenzen:		Nr.	Dauer	Video	Live	Von	Nach
		1.	__ __  min.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	__	__
		2.	__ __  min.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	__	__
E:	Erlangen	3.	__ __  min.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	__	__
M:	München	4.	__ __  min.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	__	__
		5.	__ __  min.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	__	__
		6.	__ __  min.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	__	__
		7.	__ __  min.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	__	__
		8.	__ __  min.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	__	__
		9.	__ __  min.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	__	__
		10.	__ __  min.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	__	__
Bemerkungen:							

### Gigabit Testbed Süd - Teilprojekt 1.15

#### Übertragung und Test von Aufzeichnungsverfahren für Videodatenströmen über Hochgeschwindigkeitsnetzenetze

Erfassung der Übertragungsqualität (Bewertung einer einzelnen Untersuchung): **Sender**

Datum |\_\_|\_\_||\_\_|\_\_||\_\_|\_\_| Arbeitsnummer: |\_\_|\_\_|\_\_|

Nummer der Übertragungssequenz (1-10 der Sitzung): |\_\_|\_\_|

Art der Übertragung:  Videokassette  Live-Untersuchung

Kompression:  M-PEG2 (4:2:2)  M-PEG2 (4:2:0)  M-PEG1

Datenrate (Bandbreite): |\_\_|\_\_|, |\_\_| Megabit/Sekunde

Technische Probleme:  Digital ( Codec  Netz  Unbestimmt)

Synchronisationsprobleme/ durchlaufendes Bild

Analog  Videorecorderbedingte Störung

Beschreibung: \_\_\_\_\_

Bildqualität (allgemein):  Bestmögliche Qualität  
 (Senderseitig)  Minimale Qualitätseinschränkung  
 Deutliche Qualitätseinschränkung (z.B. Fiberendoskop)

Bild-/Punktschärfe  Sehr gut  Gut  Schlecht

Bewegungsartefakte  Nein  Gering  Wesentlich

Bildstörungen  Keine Bildstörungen  
 Pixelblöcke  Bildausfall

Untersuchungsart: \_\_\_\_\_

Signale:  Endoskop  Sono  Röntgen

Bemerkungen:

**Gigabit Testbed Süd - Teilprojekt 1.15****Übertragung und Test von Aufzeichnungsverfahren für Videodatenströmen über Hochgeschwindigkeitsnetzenetze**Erfassung der Übertragungsqualität (Bewertung einer einzelnen Untersuchung): **Empfänger**

Datum |\_|\_|||\_|\_|||\_|\_|

Arbeitsnummer: |\_|\_|\_|

Nummer der Übertragungssequenz (1-10 der Sitzung):

|\_|\_|

Technische Probleme:  Digital  Codec  Netz  Unbestimmt) Synchronisationsprobleme/ durchlaufendes Bild Analog  Videorecorderbedingte Störung

Beschreibung: \_\_\_\_\_

Bildqualität (allgemein):  
(Empfängerseitig)

- Originalqualität  
(von eigenhändiger Untersuchung nicht unterscheidbar)
- Minimale Qualitätseinschränkung  
(Ferndiagnose ohne Einschränkung möglich)
- Merkliche Qualitätseinschränkung  
(Ferndiagnose aus ärztlicher Sicht nicht vertretbar)

Bild-/Punktschärfe

- Sehr gut  Gut  Schlecht

Bewegungsartefakte

- Nein  Gering  Wesentlich

Bildstörungen

- Keine Bildstörungen
- Pixelblöcke  Bildausfall

Medizinische Bewertung:

- Bestätigung der Diagnose(n) durch Telekonsil
- Ergänzung der Diagnose(n) durch Telekonsil
- Korrektur der Diagnose(n) durch Telekonsil
- Telekonsil nicht möglich/sinnvoll

Bemerkungen:

Bei den Übertragenen Sequenzen handelte es sich um endoskopische Untersuchungen aus dem täglichen Routineprogramm der beteiligten Universitätskliniken. Beide Projektpartner haben den Ruf einer ausgewiesenen endoskopischen Erfahrung. Somit ist es nicht verwunderlich, dass in allen übertragenen Sequenzen die senderseitig gestellte Diagnose vom Empfänger bestätigt wurde. In keinem Fall verblieben Zweifel an der Diagnose, bzw. musste die Diagnose revidiert werden.

Als ein nicht quantifizierbares, jedoch besonders wichtiges Ergebnis dieses Projektabschnittes ist hervorzuheben, dass die Handhabbarkeit der verwendeten Übertragungstechnik ausgesprochen anwenderfreundlich war. Es bedurfte keiner besonderen Einweisung oder Schulung der Ärzte, um den Verbindungsaufbau zwischen den Kliniken zu starten.



Im Rahmen dieses Projektabschnittes konnten folgenden Schlussfolgerungen gezogen werden: Das Projektszenario leistete digitale Übertragungen von Videoendoskopien in Originalqualität. Störungen der Teleendoskopie wurden durch die verwendete technische Peripherie und nicht durch das spezifische Projektszenario verursacht. Eine telemedizinische Fernbefundung ist unter Verwendung der projektbezogenen Übertragungstechnik uneingeschränkt möglich. Telekonsultationen würden zukünftig jedoch eher zwischen der zuweisenden Peripherie eines gastroenterologisch-endoskopischen Zentrums (Krankenhäuser geringerer Versorgungsstufe, Fachpraxen, niedergelassene, endoskopisch aktive Ärzte) und einem lokalen Referenzzentrum (z.B. Universitätsklinik) Sinn machen. Für Zentren wäre die im Projekt verwendete Übertragungstechnik jedoch ebenfalls interessant. Insbesondere in Livebeiträgen zu Workshops, Fortbildungsveranstaltungen und Kongressen, aber auch in der externen Weiterverarbeitung von hochwertigem und interessanten Bildmaterial scheint den Projektpartnern ein zukünftiges Anwendungsfeld zu liegen (z.B. Videostudio, Uni-TV). Die Projektpartner teilen die Einschätzung, dass die verwendete digitale Bildübertragung bei entsprechender Verfügbarkeit zu einem neuen Goldstandard werden könnte.

Die Ergebnisse der wöchentlichen Teleendoskopie-Sitzungen wurden in Abstract-Form zur 56. Tagung der Deutschen Gesellschaft für Verdauungs- und Stoffwechselkrankheiten (DGVS) und zur 35. Jahrestagung der Deutschen Gesellschaft für Biomedizinische Technik e.V. (BMT) eingereicht. Als weitere Kongressbeiträge sind die Jahrestagung 2002 der Deutschen Gesellschaft für Endoskopie und bildgebende Verfahren (DGE-BV) und die Digestive Disease Week 2002 in den USA geplant (Abstract-Annahme jeweils Ende 2001). Des Weiteren werden Beiträge zu wissenschaftlichen Kongressen der Informationstechnologie vorbereitet. Zusammen mit den Ergebnissen des Abschnitts 2 (Bildqualität) werden im Laufe des Jahres 2001 voraussichtlich zwei Originalarbeiten vorbereitet (jeweils eine für eine medizinisch orientierte Leserschaft und eine für eine Leserschaft aus der Informationstechnologie). Die Angabe tatsächlicher Publikationen kann erst zu einem späteren Zeitpunkt erfolgen.

**Abbildung 3: Ergebnisse der telemedizinischen Konsultationen im Gigabit-Testbed-Süd:**

Qualitätskriterien	Bewertete Sequenzen (n = 40)
Gute Punktschärfe	n = 40.
Bewegungsartefakte	n = 0
Bildstörungen (Pixelblöcke)	n = 4

Geringfügige Übertragungsstörungen	Bewertete Sequenzen (n = 40)
Time-Base Korrektur	n = 13

Zusammenfassende Bewertung der Bildqualität	Bewertete Sequenzen (n = 40)
Sehr gut	n = 27
Gut	n = 13

Medizinische Konsequenz	Bewertete Sequenzen (n = 40)
Telemedizinische Befundung möglich	n = 40

### 2.1.2. Bildqualität

Der Einfluß von Datenkompression und Übertragungsgeschwindigkeit auf die Qualitätsbeurteilung des endoskopischen Videobildes wurde durch in der Videoendoskopie erfahrene Endoskopiker (n=11) und in der Videoverarbeitung von medizinischem Lehrmaterial versierten Studenten (n=3) der Medizinischen Klinik I mit Poliklinik der FAU Erlangen-Nürnberg bzw. der Medizinischen Klinik II der LMU München überprüft. Hierfür wurde von der Medizinischen Klinik I mit Poliklinik endoskopisches Bildmaterial zur Verfügung gestellt. Am Regionalen Rechenzentrum Erlangen wurde ein Ausschnitt dieses Materials bezüglich Qualität variiert (27 Samples). Vom medizinischen Personal erfolgte die visuelle Bildanalyse auf Bildstörungen, Bewegungsartefakte, Bildschärfe und der Gesamteindruck der Qualität wurde ebenso bewertet, wie die auf der Bildqualität beruhende Möglichkeit, eine Diagnose zu stellen.

Bildstörungen und Bewegungsartefakte wurden künstlich herbeigeführt. Hierfür wurden verschiedene Komprimierungsverfahren (MJPEG, MPEG1, MPEG2 [4:2:0] bzw. [4:2:2]) und deren Einstellungen (GOP Size, Bandbreite) verwendet. Zusätzlich wurden mit einem Impairmenttool (Interwatch 95000) Fehler erzeugt, um Netzverhalten (z.B. Überlast bzw. Verluste) zu simulieren. Die so erzeugten Fehler wirkten sich direkt auf die Bildqualität des Materials aus. Die erzeugten Videosequenzen wurden erneut auf ein Videoband aufgezeichnet. Dieses Band wurde o.g. Testpersonen zur Bewertung vorgelegt, die hinsichtlich der Abfolge und der Art der vorbereiteten Videosequenzen in Unkenntnis gelassenen worden waren. Die Bewertung erfolgte entsprechend einem vom Regionalen Rechenzentrum Erlangen speziell entwickelten Fragebogen zur subjektiven Bildqualitätsbeurteilung (Abbildung 4).

Mit dem Fragebogen wurden Aussagen zu Bildstörungen, Bewegungsartefakten, Bildschärfe und Gesamteindruck der Bildqualität abgefragt. Die zuzuordnenden Kategorien der Qualitätsmerkmale sind ebenfalls in Abbildung 4 dargestellt.

Die Fragebögen wurden am Regionalen Rechenzentrum Erlangen ausgewertet, um feststellen zu können, welche Bildqualitäten aus medizinischer Sicht als "noch für Anwendungen akzeptabel und vertretbar" eingestuft wurden. Insgesamt 14 Testpersonen beurteilten den Einfluß von Übertragungseigenschaften auf die Bildqualität der endoskopischen Videosequenzen. Die Bewertung erfolgte blind, d.h. ohne daß die Testpersonen einen Einfluß auf die Reihenfolge der gewählten Variationen Einfluß nehmen konnten. Darüber hinaus wurden die Beeinflussungen des Videomaterials durch Fehler und Qualitätsverschlechterungen immer wieder mit Zeitspannen unterbrochen, in denen keinerlei Beeinträchtigungen der Videosequenz auftraten. Die Auswertung erfolgte mit einer Gewichtung der einzelnen Kategorien (nach Platznummer der Kategorie 1..n), um einen gewichteten Mittelwert (d.h. gemittelte Platzziffer 1..n) zu erhalten (Abbildung 5).

**Abbildung 4: Fragebogen zur Beurteilung der Bildqualität von vorbereiteten Testsequenzen und Häufigkeit der Antworten von 14 Testpersonen**

Anzahl Testsequenz	Bild-störungen			Bewegungs- artefakte				Bild- schärfe		Qualität (insgesamt)					Diagnose möglich		
	Keine Störungen	Gelegentlich	Ständig	Nein	Minimal	Gehäuft	Wesentlich	Punktschärfe gut	Unschärfe	Sehr gut	Gut	Annehmbar	Mäßig	Schlecht	Ja	Bedingt	Nein
1.	11	2	0	12	2	0	0	14	0	10	3	1	0	0	13	1	0
2.	8	2	3	3	4	6	0	1	12	0	1	5	6	2	1	11	2
3.	14	0	0	12	2	0	0	14	0	9	5	0	0	0	13	1	0
4.	0	14	0	5	7	1	0	13	0	1	8	5	0	0	12	2	0
5.	0	4	10	0	9	3	0	12	1	0	2	9	3	0	8	6	0
6.	10	3	1	6	6	1	1	11	3	3	8	2	0	1	12	2	0
7.	0	1	13	0	0	6	8	2	12	0	1	0	2	10	2	8	4
8.	9	4	1	2	8	3	1	0	14	0	3	4	6	1	1	12	1
9.	7	7	0	3	9	1	1	3	11	0	6	1	6	0	5	9	0
10.	11	2	1	4	7	2	0	9	5	0	9	4	1	0	11	3	0
11.	4	9	1	10	4	0	0	11	3	3	8	3	0	0	12	2	0
12.	3	11	0	7	6	1	0	8	6	3	6	4	1	0	10	4	0
13.	1	3	10	1	3	7	3	11	2	0	2	4	6	2	7	6	1
14.	9	4	1	7	3	2	1	0	14	0	0	2	2	10	0	4	10
15.	6	8	0	6	8	0	0	12	2	2	7	5	0	0	10	4	0
16.	10	4	0	8	4	2	0	7	7	2	7	3	2	0	10	4	0
17.	2	8	4	1	8	5	0	8	5	0	2	7	5	0	4	10	0
18.	10	4	0	8	5	1	0	12	2	6	4	2	2	0	11	3	0
19.	9	2	3	0	8	4	2	0	14	0	0	1	6	7	0	8	6
20.	9	5	0	7	5	0	2	2	12	0	4	2	7	1	3	7	4
21.	10	3	1	7	4	3	0	9	5	3	6	4	1	0	9	5	0
22.	10	4	0	7	6	1	0	9	4	2	8	4	0	0	12	2	0
23.	12	2	0	6	8	0	0	13	1	5	8	1	0	0	12	2	0
24.	0	6	8	0	3	11	0	7	7	0	0	5	9	0	3	11	0
25.	8	6	0	2	9	3	0	4	10	0	6	6	2	0	10	4	0
26.	9	5	0	8	4	2	0	9	5	4	6	4	0	0	10	4	0
27.	13	1	0	8	6	0	0	10	3	7	6	1	0	0	13	1	0

Bei der Bewertung wurden Störungen im Allgemeinen richtig erkannt. Auch Qualitätsabfälle wurden von den Testpersonen richtig bewertet. Die vorläufigen Ergebnisse dieser Auswertung werden im Folgenden dargestellt (Abbildungen 4 und 5). Die endgültigen Auswertungen stehen derzeit noch aus.

#### Komprimierungsverfahren und deren Einstellungen:

Die Qualitätsreduktion der Bildqualität durch Kompressionsverfahren und deren Einstellungen wurde durch die Probanden korrekt eingeschätzt. Innerhalb MPEG2 [4:2:2] und MPEG2 [4:2:0] wurde eine Reduktion der Übertragungsrate (MPEG2 [4:2:2] 40, 30, 15, 10, 8 Mbps; MPEG2 [4:2:0] 15, 10, 8, 7, 6, 5, 6 mbps) in der Regel richtig erkannt und führte zu einem kontinuierlichen Abfall der Qualitätsbeurteilung, gemessen am gewichteten Mittelwert der möglichen Bewertungskategorien. MPEG2 [4:2:2] mit 40 Mbps wurde reproduzierbar als Optimum erkannt. Im Vergleich bei gleicher Bandbreite (15, 10 Mbps) wurde MPEG2 [4:2:2] reproduzierbar besser bewertet als MPEG2 [4:2:0]. MJPEG mit 15 MBPS wurde von den Probanden besser bewertet, als MPEG2 [4:2:0] mit 6 Mbps. MPEG1 mit 3 bzw. 1,5 Mbps wurde im Vergleich mit MJPG (15 Mbps) zuverlässig deutlich schlechter bewertet und zwischen MPEG [4:2:0] 5 Mbps und MPEG [4:2:0] 6 Mbps eingeordnet.

Bewegungsartefakte und Bildschärfe des Videobildes wurden in der Regel korrekt beurteilt, jedoch zwischen den Probanden etwas uneinheitlich. MPEG [4:2:2] mit 8 Mbps wurde fast bei allen Probanden "zu gut" bewertet, so dass hier eine Anomalie bzw. ein systematischer Fehler vermutet werden muss.

Die Einschätzung der Probanden, ob eine telemedizinische Diagnosestellung möglich ist, folgte konsequent der Qualität des zu beurteilenden Videomaterials. MPEG2 [4:2:2] wurde besser bewertet als MPEG2 [4:2:0], und MPEG2 [4:2:0] erlitt bei geringen Bandbreiten einen Qualitätseinbruch. MPEG2 [4:2:2] mit 40 Mbps wurde reproduzierbar als Optimum für die telemedizinische Befundung eines endoskopischen Videobildes ermittelt. Eine Reduktion der Bandbreite (30, 15, 10, 8 Mbps) bei MPEG2 [4:2:2] wurde von den Probanden erkannt, führte jedoch zu keiner gravierenden Einschränkung hinsichtlich der Bewertung, ob telemedizinisch eine Diagnose gestellt werden kann. Aus Sicht der Probanden war es bei folgenden Einstellungen trotz reduzierter Bildqualität noch möglich eine Diagnose zu stellen: MPEG2 [4:2:0] mit Bandbreiten von 15 Mbps bis 6 Mbps, MJPG mit 15 Mbps (vergleichbar mit MPEG2 [4:2:2] mit 10 Mbps und MPEG2 [4:2:0] mit 15 Mbps). Eine Diagnosestellung war aus Gründen der Bildqualität nur bedingt möglich bei MPEG2 [4:2:0] mit 5 Mbps und bei MPEG1 mit 3 Mbps. Eine telemedizinische Diagnosestellung war nicht mehr möglich bei MPEG2 [4:2:0] mit 4 Mbps bzw. bei MPEG1 mit 1,5 Mbps.

**Abbildung 5: Auswertung der Antworten von 14 Testpersonen zur Beurteilung der Bildqualität von vorbereiteten Testsequenzen mit gewichtetem Mittelwert**  
 (422/40: bedeutet MPEG2 [4:2:0] 40Mbps; 420/15/-8: bedeutet MPEG2 [4:2:0] 15Mbps mit einer Fehlerrate von 10<sup>-8</sup>; J/ bedeutet Motion-JPEG; 1/ bedeutet MPEG1)

	lfd. Nr.	Bildstörungen				Bewegungsartefak				Bildschärfe			Qualität					Diagnose?					
		keine Störungen								Punktschärfe													
		gelegentlich ständig				nein minimal gehäuft wesentlich				gute Unschärfe			sehr gut gut annehmbar mäßig schlecht					ja bedingt nein					
<b>ohne Störungen</b>																							
422/40	1	11	2	0	1.15	12	2	0	0	1.14	14	0	1	10	3	1	0	0	1.36	13	1	0	1.07
422/40	27	13	1		1.07	8	6	0		1.43	10	3	1.23	7	6	1			1.57	13	1		1.07
422/30	22	10	4		1.29	7	6	1		1.57	9	4	1.31	2	8	4			2.14	12	2		1.14
422/15	18	10	4		1.29	8	5	1		1.5	12	2	1.14	6	4	2	2		2	11	3		1.21
422/10	23	12	2		1.14	6	8			1.57	13	1	1.07	5	8	1			1.71	12	2		1.14
422/8	3	14			1	12	2			1.14	14		1	9	5	0			1.36	13	1		1.07
420/15	6	10	3	1	1.36	6	6	1	1	1.57	11	3	1.21	3	8	2	2		2.33	12	2		1.14
420/10	21	10	3	1	1.36	7	4	3		1.71	9	5	1.36	3	6	4	1	0	2.21	9	5		1.36
420/8	26	9	5		1.36	8	2	4		1.71	9	5	1.36	4	6	4			2	10	4		1.29
420/7	16	10	4		1.29	8	4	2		1.57	7	7	1.5	2	7	3	2		2.36	10	4		1.29
420/6	25	8	6		1.43	2	9	3		2.07	4	10	1.71		6	6	2		2.71	10	4		1.29
420/5	20	9	5		1.36	7	5	2		1.36	2	12	1.86	4	2	7	1		3.36	3	7	4	2.07
420/4	14	9	4	1	1.43	7	3	2	1	1.54	14		2		2	2	10		4.57	4	10		2.71
J/15	10	11	2	1	1.29	4	7	2		1.85	9	5	1.36		9	4	1		2.43	11	3		1.21
1/3	8	9	4	1	1.43	2	8	3	1	2	14		2	3	4	6	1		3.36	1	12	1	2
1/1.5	2	8	2	3	1.62	3	4	6	0	2.23	1	12	1.92	0	1	5	6	2	3.64	1	11	2	2.07
<b>mit Störungen</b>																							
422/40	1	11	2	0	1.15	12	2	0	0	1.14	14	0	1	10	3	1	0	0	1.36	13	1	0	1.07
422/40/-8	4		14		2	5	7	1		1.69	13		1	1	8	5	0		2.29	12	2		1.14
422/40/-7	13	1	3	10	2.64	1	3	7	3	2.21	11	2	1.15	2	4	6	2		3.57	7	6	1	1.57
422/40/-6	7	0	1	13	2.93		6	8		1.86	2	12	1.86	1		2	10		4.62	2	8	4	2.14
422/15	18	10	4		1.29	8	5	1		1.5	12	2	1.14	6	4	2	2		2	11	3		1.21
422/15/-8	11	4	9	1	1.79	10	4			1.29	11	3	1.21	3	8	3			2	12	2		1.14
422/15/-7	24		6	8	2.57		3	11		2.79	7	7	1.5		5	9			3.64	3	11		1.79
420/15	6	10	3	1	1.36	6	6	1	1	1.57	11	3	1.21	3	8	2	0	1	2.14	12	2		1.14
420/15/-8	15	6	8		1.57	6	8			1.57	12	2	1.14	2	7	5			2.21	10	4		1.29
420/15/-7	17	2	8	4	2.14	1	8	4		2.23	8	5	1.38		2	7	6		3.27	4	10		1.71
420/8	26	9	5		1.36	8	2	4		1.71	9	5	1.36	4	6	4			2	10	4		1.29
420/8/-8	12	3	11		1.79	7	6	1		1.57	8	6	1.43	3	6	4	1		2.21	10	4		1.29
420/8/-7	5		4	10	2.71		9	3		2.25	12	1	1.08		2	9	3		3.07	8	6		1.43
1/3	8	9	4	1	1.43	2	8	3	1	2	14		2	3	4	6	1		3.36	1	12	1	2
1/3-8	9	7	7		1.5	3	9	1	1	1.79	3	11	1.79		6	1	6		3	5	9		1.64
1/1.5	2	8	2	3	1.62	3	4	6	0	2.23	1	12	1.92	0	1	5	6	2	3.64	1	11	2	2.07
1/1.5/-8	19	9	2	3	1.57	0	8	4	2	2.14	2	12	1.86		1	6	7		4.43		8	6	2.43

### Simulierte Bildstörungen:

Das Auftreten von Fehlern einer Grössenordnung von  $10^{-8}$ ,  $10^{-7}$  und  $10^{-6}$  wurde von den Probanden in richtiger Abstufung erkannt. Störungen führten immer und in einer richtig erkannten Abstufung zu einer Abwertung der Bildqualität. Störungen einer Grössenordnung von  $10^{-8}$  wurden in der Regel noch als akzeptabel eingestuft, führten jedoch zu einer Abwertung der wahrgenommenen Bildqualität, die einer Reduktion der Übertragungsbandbreite um 1 bis 2 Stufen entsprach. Störungen bei MPEG1 wurden nicht korrekt beurteilt. Wahrscheinlich wurden von den Probanden Störungen aufgrund der ohnehin schlechter bewerteten Bildqualität bei MPEG1 nicht mehr korrekt wahrgenommen.

### Zusammenfassung und Schlussfolgerungen:

Bei der Bewertung wurden Störungen im Allgemeinen richtig erkannt; auch Qualitätsabfälle wurden von den Testpersonen richtig bewertet. Das Qualitätsoptimum im Format MPEG-2 [4:2:2] bei 40 Mbps ohne Fehler wurde reproduzierbar als optimal erkannt. Das Format MJPEG wurde besser als MPEG-1 (1.5 Mbps und 3 Mbps) und als MPEG-2 [4:2:0] bei 6 Mbps eingestuft. Bei der Frage nach einer Einsetzbarkeit der verwendeten Qualität zur Ableitung einer Diagnose wurde die Qualität MPEG-2 [4:2:2] von 40 Mbps bis 8 Mbps ohne Einschränkungen mit "möglich" beurteilt; die gleiche Akzeptanz zeigte sich für MPEG-2 [4:2:0] von 15 Mbps bis 6 Mbps. MPEG-2 [4:2:0] mit darunter liegenden Bandbreiten und MPEG-1 wurden nur mit "bedingt möglich" eingestuft. MJPEG wurde als "möglich" beurteilt. Generell kann festgestellt werden, daß die Beurteilung "Diagnose möglich" konsequent der Beurteilung der Qualität folgt. MPEG-2 [4:2:2] wird immer besser als MPEG-2 [4:2:0] bewertet. Bewegungsartefakte und Punktschärfe wurden nicht einheitlich eingestuft, aber doch im Allgemeinen korrekt beurteilt. Die Ergebnisse der durchgeführten Untersuchungen bestätigen die im Projektantrag formulierte Hypothese, dass für telemedizinische Anwendungen extrem leistungsstarke und breitbandige digitale Datenübertragungsmechanismen verwendet werden müssen, um die hohen medizinischen Ansprüche an die Bildqualität erfüllen zu können.

Die Ergebnisse diese Analysen werden in Abstract-Form für die 35. Jahrestagung der Deutschen Gesellschaft für Biomedizinische Technik e.V. (BMT) vorbereitet. Als weitere Kongressbeiträge sind die Jahrestagung 2002 der Deutschen Gesellschaft für Endoskopie und bildgebende Verfahren (DGE-BV) und die Digestive Disease Week 2002 in den USA geplant (Abstract-Annahme jeweils Ende 2001). Des weiteren werden Beiträge zu wissenschaftlichen Kongressen der Informationstechnologie vorbereitet. Zusammen mit den Ergebnissen der Telekonsultationen werden im Laufe des Jahres 2001 voraussichtlich zwei Originalarbeiten vorbereitet (jeweils eine für eine medizinisch orientierte Leserschaft und eine für eine Leserschaft aus der Informationstechnologie). Die Angabe tatsächlicher Publikationen kann erst zu einem späteren Zeitpunkt erfolgen.

### 2.1.3. Live-Kongressbeiträge

Vom 26. bis 28.10.2000 fand in Erlangen die 28. Jahrestagung der Gesellschaft für Gastroenterologie in Bayern e.V. statt. Sowohl die Erlanger, als auch die Münchner Projektseite nahm über das Gigabit-Testbed-Süd an der Veranstaltung teil. Es wurden Live-Beiträge endoskopischer Untersuchungen in das Kongresszentrum in Erlangen übertragen. Parallel wurden Live-Beiträge aus einer nicht am Projekt beteiligten Münchner Klinik über ISDN in die Medizinische Klinik I mit Poliklinik übertragen. Die gleichzeitig im Regieraum der Medizinischen Klinik I auflaufenden Signale ermöglichte allen an der praktischen Durchführung der Kongressbeiträge beteiligten Endoskopikern einen Vergleich zwischen Gigabit- und ISDN-Übertragung. Wie nicht anders zu erwarten, wurden die für ISDN-Übertragungen typischen Probleme offensichtlich, während sich die Gigabit-Übertragung durch eine Originalqualität auszeichnete. Der bei der Kommunikation zwischen Endoskopikern und Publikum aufgetretene Zeitverlust von ca. 0,5 Sekunden wurde jedoch als störend empfunden. Für die Übertragung von der Medizinischen Klinik I mit Poliklinik bis zur Heinrich-Lades Halle in Erlangen mußte aus Kostengründen eine 6-fach-ISDN Verbindung geschaltet werden. Dies ermöglichte es dem breiten Publikum leider nicht, die Qualität der Gigabit-Übertragung vollständig wahrzunehmen. Dennoch wurde der Unterschied zwischen der reinen 4-fach-ISDN-Übertragung aus München und der kombinierten Gigabit-6-fach-ISDN-Übertragung aus München deutlich.

Eine für den 02.03.2001 vorgesehene Live-Einblendung von München zu einer überregionalen Fortbildungsveranstaltung für Endoskopie-Fachpflegekräfte in Erlangen konnte wegen kurzfristiger Erkrankung des Projektpartners in München leiter nicht realisiert werden.

Für den 04.05.2001 ist eine Live-Einblendung von Erlangen zur einer regionalen Fortbildungsveranstaltung in München vorgesehen. Die Vorbereitungen sind abgeschlossen, und es wurde zur Sicherstellung einer adäquaten Übertragung von Röntgendurchleuchtungen ein Leihgerät zur Time-Base-Korrektur getestet.

Solange die Gigabit-Teststrecke zur Verfügung steht, wollen die Projektpartner diese weiterhin für Live-Beiträge aus den Endoskopiabteilungen zu Fortbildungsveranstaltungen und Kongressen nutzen.



**Abbildung 6: Szenario im Regieraum und im Untersuchungsraum der Medizinischen Klinik I während der Live-Übertragung zur 28. Jahrestagung der Gesellschaft für Gastroenterologie in Bayern e.V.**



## **2.2. Bildspeicherung, Weiterverwendung und Benutzeroberfläche zur Protokollierung und Befundung**

Als Server diente eine Workstation der Fa. Sun vom Typ Ultra 60. Zur gegenüber dem Grundmodell erweiterten Ausstattung gehört ein auf 512 Mbyte erweiterter Hauptspeicher, um die bei der MPEG2-Enkodierung der Videosequenzen anfallenden großen Datenmengen effektiver verarbeiten zu können, ein an die Bedürfnisse der Bildbearbeitung angepasster Monitor mit entsprechender Grafikkarte, eine 155-Mbit ATM Netzwerkkarte zum direkten Anschluss des Rechners an die Gigabit-Strecke, sowie zusätzlicher externer Hintergrundspeicher mit einer Plattenkapazität von etwa 36 GByte. Die zusätzlichen externen Festplatten werden als Projektverzeichnis zur Aufnahme der zur Archivierung bestimmten digitalisierten Videosequenzen dienen. Bei Bedarf kann die Speicherkapazität weiter ausgebaut werden. Weiterhin wurde der Rechner mit der MPEG2-Enkoderkarte MVCast der Fa. VisionTech zur hardwargestützten Enkodierung eingehender NTSC und PAL als FBAS und Composite Videosignale in eine MPEG2-Datei mit I, B und P-Anteilen in voller D1 Auflösung in Echtzeit ausgestattet, sowie die Schneidesoftware M2-Edit und M2-Mixer der Firma MediaWare installiert, um die aufgezeichneten MPEG2-Videosequenzen nachträglich bearbeiten zu können. Die nachträgliche Bearbeitung der Videos ist in erster Linie zur Aufbereitung für deren angestrebte spätere Verwendung in Forschung und Lehre notwendig, um die Videosequenzen auf die medizinisch relevantesten Abschnitte verkürzen zu können. Ziel ist es, im Hinblick auf die begrenzte Speicherkapazität, pro Videosequenz eine Länge von etwa einer Minute nicht wesentlich zu überschreiten. Selbstverständlich ist die Möglichkeit der nachträglichen Bearbeitung auch im Rahmen des Benutzungskomforts wichtig, um die aus der analogen Videotechnik bekannten Techniken, Filme etwa schneiden oder nachvertonen zu können, ebenfalls zu bieten. Der Rechner ist mit der benötigten Zusatzhard- und Software zur Aufzeichnung und Archivierung von Videosequenzen ausgestattet.

Videosequenzen lassen sich auf einfache Weise enkodieren, weiterverarbeiten und auch wieder abspielen, wobei eine subjektiv sehr guten Bildqualität bei der Wiedergabe erreicht wird. Auf der Sun-Hardware können die MPEG2-Sequenzen in Realzeit, d.h. mit 25 Bildern/s, dekodiert und angezeigt werden, auf durchschnittlichen PC-Plattformen lassen sich die enkodierten MPEG2-Sequenzen zwar ebenfalls korrekt anzeigen, aber wie schon oft festgestellt, nicht in Realzeit abspielen, da die PC-Hardware nicht leistungsfähig genug ist. Es muß auf die Möglichkeit verwiesen werden, PC-Arbeitsplätze mit entsprechender Zusatzhardware auszustatten, um die Videosequenzen in Realzeit anzeigen zu können.

Die Benutzeroberfläche dient in ihren Grundfunktionen zum gemeinsamen Erstellen eines Befundes, zum Aufzeichnen und Nachbearbeiten der Videosequenzen und zum Abruf der Befunddatensätze. Die Anwendung wurde auf Basis eines Webservers realisiert. Eine Webanwendung kann die für diesen Fall benötigte Funktionalität vollständig zur Verfügung stellen, bietet aber gerade hinsichtlich des Abrufs archivierter Befunde gegenüber einem dedizierten Programm den großen Vorteil, ohne Installation von jedem beliebigen Rechner des Kliniknetzes aus benutzt werden zu können. Als Nachteile dieses Implementierungsansatzes müssen die geringere Stabilität einer Anwendung auf Webbasis und die gegenüber einer reinen Programmanwendung langsamere Programmausführung genannt werden. Probleme mit der Stabilität traten während der Arbeit mit der Anwendung allerdings zu keinem Zeitpunkt auf und letztlich werden mit Hilfe der Anwendung keine unwiederbringlichen Daten erzeugt, sondern nur bereits bekannte Daten, d.h. Befunde und Untersuchungsergebnisse bereits durchgeführter Untersuchungen, die an anderer Stelle aufgenommen und auch archiviert wurden, ausgetauscht. Die gegenüber einem Programm mit vergleichbarer Funktionalität langsamere Arbeitsgeschwindigkeit einer Webanwendung stellt keinen allzu großen Nachteil dar, da die Anwendung nicht zeitkritisch ist.

Nachfolgende "Screenshots" zeigen in Abbildung 7 eine Seite zur Vorbereitung der Online-Konsultation und in Abbildung 8 eine Seite zum Abruf archivierter Befunde. Abbildung 9 und

10 zeigen das eingesetzte Programm zur Archivierung und Nachbearbeitung der Videosequenzen sowie einen "Snapshot" aus einem archivierten Untersuchungsvideo.

Der Grundgedanke einer Webanwendung bietet einen flexiblen, ausbaufähigen Ansatz, der sehr schnell und mit geringem Aufwand erweitert und an zusätzliche oder geänderte Anforderungen angepasst werden kann. Durch die Möglichkeit darüber hinaus Javaapplets in die Webanwendung einbinden zu können, kann bei Bedarf eine zusätzliche oder erweiterte Funktionalität erreicht werden.

**Abbildung 7:**

**Online-Konsultation**

**Vorbereitung der online-Konsultation:**

**Protokollisten:**

Datum: 04.06.2009

Uhrzeit: 14:30

**Allgemeine Patientendaten:**

Untersuchungsnummer:	04	Untersuchungsart:	Er-Lungen
Geburtsdatum:	[ ] (dd.mm.yyyy)	Untersuchungsdatum:	[ ] (dd.mm.yyyy)
Geschlecht:	männlich	Untersuchungsart:	Gastro
Hauptuntersucher:	[ ]	Untersuchungsboer:	[ ] (in Min.)

**Befehlsverfolgung:**

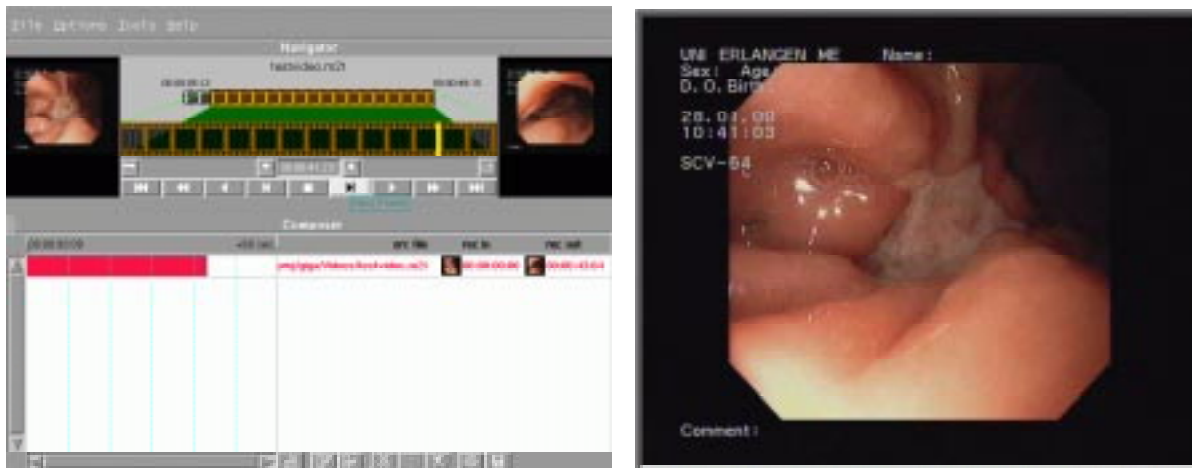
[ ]

Abbildung 8

**Abruf archivierter Sequenzen**

Untersuchungsort:	<input type="button" value="Erlangen"/> <input type="button" value="München"/>	<b>Folgende Untersuchungen wurden gefunden:</b>  <b>Patienteninformationen:</b> Untersuchungsnummer: 16 Untersuchungsart: Erlangen Geburtsdatum: 12.3.1940 Untersuchungsdatum: 18.04.2000 Geschlecht: männlich Untersuchungsart: Gastroskopia Hauptuntersucher: Antonia Untersuchungsraum: 12 Anwesende_Seite: ANWASSENDE_ANGEBOTSEITE Anwesende_Empfangseite: <a href="#">Video anzeigen</a> <b>Beobachtet:</b>  <b>Übertragungsprotokoll:</b> Untersuchungsnummer: 16 Datum: 18.04.2000 Beginn: 14:54 Ende: 14:57 Dauer: 3 Sender: Erlangen Hauptuntersucher: Antonia Anwesende_Seite: ANWASSENDE_ANGEBOTSEITE Empfänger: München Minutenstrich: ANWASSENDE_ANGEBOTSEITE Anwesende_Empfangseite: Bildqualität: gut Kamera: gut Farblichkeit: gut Beweglichkeit: gut Ausleuchtung: gut Stabilität: gut Synchronisation: gut Delay: gut Tonqualität: gut
Untersuchungsart:	<input type="button" value="Gastro"/> <input type="button" value="Galle"/> <input type="button" value="Endoskopie"/> <input type="button" value="ERCP"/> <input type="button" value="Sono"/>	
Untersuchungsdatum: (tt.mm.jj)	<input type="text" value=""/>	
Untersuchungsnummer:	<input type="text" value=""/>	
Geburtsdatum:	<input type="text" value=""/>	
Geschlecht:	<input type="button" value="männlich"/> <input type="button" value="weiblich"/>	
<input type="button" value="Zurücksetzen"/> <input type="button" value="Suchen"/>		

Versuche zur Recherche auf dem Videosever zeigten recht schnell, dass diese Aufgabe technisch und anwenderseitig leicht realisierbar ist. Das Hauptproblem der digitalen Speicherung von Videos liegt in der Dateigröße der digitalisierten Filmsequenzen. Der in diesem Projekt bei den Projektpartnern in Erlangen und München auf den entsprechenden Rechnern jeweils verfügbare Speicherplatz reicht zur Archivierung von etwa 300 Minuten Film aus. Nach Aussage der Ärzte können die zur Archivierung relevanten endoskopischen Videosequenzen grundsätzlich auf etwa eine Minute Spielzeit verkürzt werden, allerdings ist hierfür ein erheblicher personeller Zeitbedarf des Spezialisten zur Nachbearbeitung erforderlich. Würde ein solcher Modus dennoch realisiert werden, ergäbe sich ein Archiv von ungefähr 300 Untersuchungen pro Videosever. Bei einer Anzahl von lediglich 300 Datensätzen gestaltet sich deren Verwaltung daher vergleichsweise einfach. Der Einsatz einer Datenbank ist in diesem Fall nicht notwendig, da eine so geringe Anzahl von Datensätzen im normalen Dateisystem des Rechners verwaltet werden kann. Die Datensätze können durch Angabe geeigneter Suchkriterien in eine entsprechende Eingabemaske der Weboberfläche abgerufen werden. Ein durch die CGI-Schnittstelle des Webservers aufgerufenen Script durchsucht das jeweilige Dateisystem nach Datensätzen, auf die die eingegebenen Kriterien zutreffen. Die gefundenen Datensätze werden in einer Ergebnisseite präsentiert.

**Abbildung 9 und 10:**

Seit Februar 2000 wurden verstärkt Test-Übertragungen durchgeführt, die in der zweiten Jahreshälfte 2000 in den klinischen Einsatz übergangen. Das führte zu folgenden Ergebnissen:

Die Qualität der Videoübertragungen kann insgesamt als sehr positiv bewertet werden. Es kam bei manchen der durchgeführten Übertragungen zwar sporadisch zu Bildfehlern, aber diese Fehler sind als wenige Augenblicke andauernder Klötzcheneffekt deutlich sichtbar und sofort als Störung identifizierbar. Kriterien wie Farbreinheit, Kontrast und Bildschärfe oder nötige Detailgenauigkeit werden erreicht und von den Ärzten durchweg sehr positiv bewertet. Die bei der Codierung des Bild- und Tonsignals durch die Codecs entstehende Verzögerung von 200 ms bei der Übertragung des Bildsignals ist akzeptabel und stellt weder bei den Videokonsultationen noch bei reinen Videokonferenzen eine merkbare Einschränkung dar. Die Synchronität von Bild und Ton ist nach kleineren Unsicherheiten gegeben und ebenso wie die Bildübertragung erreicht der Ton die geforderte Qualität.

Es ist mit der zur Verfügung stehenden Übertragungstechnik also möglich, qualitativ hochwertige und diagnosesichere Bewegtbilder aus dem medizinischen Bereich über die Gigabit-Leitungen zwischen Erlangen und München zu übertragen. Die Übertragungsinfrastruktur steht zur Verfügung, ihr Betrieb ist jederzeit und problemlos möglich.

Die Akzeptanz litt allerdings einerseits etwas darunter, dass die Anwendung notwendigerweise im Wissenschaftsnetz betrieben werden mußte, um eine direkte Verbindung mit dem Klinikum in München zu ermöglichen, wodurch dann aber kein Zugriff auf Patientendaten der internen Kliniknetze mehr möglich ist. Es besteht daher bereits aus rechtlichen Gründen keine Möglichkeit, diese Anwendung in die klinische Datenverarbeitung zu integrieren, indem etwa Befunde und Untersuchungsergebnisse direkt aus anderen befunderzeugenden Systemen übernommen werden können. Andererseits war der zur Archivierung vorgesehene Speicher zu gering angesetzt, um ein produktiv einsetzbares digitales Archiv aufbauen zu können. Das ist allerdings kein grundsätzliches Problem.

### **3. Zusammenfassende Bewertung**

Das Gigabit Testbed Süd konnte erfolgreich hinsichtlich seiner Einsatzfähigkeit zur telemedizinischen Fernbefundung getestet werden. Die Projektpartner betrachteten das Projektszenario als Gewinn. Die wahrgenommene Bildqualität beim Empfänger entsprach bei einer MPEG-Kompression [4:2:2] und einer Bandbreite von 40 Mbps derjenigen des Senders. Eine medizinische Fernbefundung ist aus qualitativen Gründen ohne Einschränkungen möglich. Vereinzelt kurzfristig auftretende Pixelblöcke wurden nicht als gravierende Störung empfunden. Der Verbindungsaufbau und das Starten des Datenflusses

ist vom ärztlichen Anwender ohne nennenswerte Einarbeitung oder Vorkenntnisse möglich. Die bestehende Infrastruktur ermöglichte die Live-Übertragung aller relevanten endoskopischen Untersuchungen zwischen den beteiligten Einrichtungen.

Eine wesentliche Störung waren Synchronisationsprobleme der in den Betriebsräumen der Projektpartner installierten bildgebenden und wiedergebenden Peripherie (vermutliche Fehlerquelle: Time-Base-Korrektur). Einerseits traten bei der Übertragung von Röntgenuntersuchungen von links nach rechts oder umgekehrt durchlaufende Bilder auf. Diese sich stabilisieren meist von selbst, manchmal machten sie eine Fernbefundung bzw. störungsfreie Bildbetrachtung jedoch unmöglich. Ähnliche Probleme traten bei Verwendung von Videokonserven auf (Sony Recorder, Umatic SP VO-9800P/VO-9600, High-band, Umatic VO-7630 Low-band). Gelegentlich bewirkte diese Störung nur ein Flackern am oberen Bildrand des Videobildes, zum Teil war empfängerseitig jedoch gar nichts mehr erkennbar. Das Problem konnte im laufenden Projekt durch die Anschaffung eines digitalen Videorecorders (Panasonic) bzw. Verwendung eines Betacam-Recorders beseitigt werden. Für eine zukünftige, breitere Anwendung der Gigabit-Datenübertragung wäre es kontraproduktiv, wenn die vorhandene und weit verbreiteten Geräte-Infrastruktur nicht eingesetzt werden könnte. Entsprechende Lösungsvorschläge bzw. Beratungen wären für zukünftige Anwender hilfreich.

#### **4. Perspektiven:**

Für eine Routine-Konsultation zwischen Ärzten erscheint das getestete Szenario derzeit nicht realistisch. Das Problem liegt nicht in der technischen Umsetzung, sondern in der knapp bemessenen ärztlichen Verfügbarkeit und der fehlenden Erstattungsfähigkeit telemedizinischer Leistungen. Die Nutzung der im Projekt verwendeten Technologie ist ideal für Fortbildungsveranstaltungen und Kongresse, da zwischen Sender und Empfänger kein Qualitätsverlust bemerkbar ist. Geringfügig störend ist der Zeitversatz zwischen Sender und Empfänger von ca. 0,2 bis 0,5 Sekunden. Idealerweise würde sich die Technologie auch zu Lehrzwecken verwenden lassen (z.B. Integration bei Uni-TV, Fernstudium, Aufbereitung von Lehrveranstaltungen als abrufbare Konserven). An Folgeprojekten in dieser Richtung wären die Projektpartner interessiert.

## 5. Publikationen, Kongressbeiträge, und sonstige öffentliche Präsentationen

Es befinden sich mehrere Kongressbeiträge und Originalarbeiten in Vorbereitung. Die nachfolgend angeführten Beiträge wurden bereits akzeptiert.

T. Rabenstein, J. Maiss, S. Naegele-Jackson, K. Liebl, M. Radespiel-Troeger, R. Rosette, P. Holleczeck, E.G. Hahn, M. Sackmann, Teleendoskopie im Gigabit Testbed Sued (Teilprojekt 1.15): Eine Prospektive Anwendungsstudie. 35. Jahrestagung der deutschen Gesellschaft fuer Biomedizinische Technik e.V. (DGBMT), Deitschland, 19-21. September 2001

T. Rabenstein, J. Maiss, S. Naegele-Jackson, K. Liebl, M. Radespiel-Troeger, R. Rosette, P. Holleczeck, E.G. Hahn, M. Sackmann, Teleendoskopie im Gigabit Testbed Sued (Teilprojekt 1.15): Einfluss von Datenkomprimierung, Bandbreite und Bildstoerungen auf die medizinisch-diagnostische Beurteilbarkeit des endoskopischen Videobildes. 35. Jahrestagung der deutschen Gesellschaft fuer Biomedizinische Technik e.V. (DGBMT), Deitschland, 19-21. September 2001

Folgende Beiträge wurden bereits zur Begutachtung eingereicht:

S. Naegele-Jackson, P. Holleczeck, T. Rabenstein, J. Maiss, E.G. Hahn Influence of Compression and Network Impairments on the Picture Quality of Video Transmissions in Tele-Medicine. HICCS Conference, USA, 2002

T. Rabenstein, J. Maiss, K. Liebl, P. Holleczeck, E.G. Hahn, M. Sackmann. Teleendoskopie im Gigabit Testbed Süd (Teilprojekt 1.15): Eine prospektive Anwendungsstudie. 56. Jahrestagung der Deutschen Gesellschaft für Verdauungs- und Stoffwechselkrankheiten, Germany, 12.-15, September 2001

J. Maiss, T. Rabenstein, S. Naegele-Jackson, K. Liebl, M. Radespiel-Troeger, T. Hengstenberg, P. Holleczeck, E.G. Hahn, M. Sackmann. Digitale teleendoskopische Videokonferenzen - eine prospektive Anwendungsstudie (Gigabit Testbed Süd, Teilprojekt 1.15). XXIX. Jahrestagung der Bayerischen Gesellschaft für Gastroenterologie, Salzburg, 25.-27. Oktober 2001

T. Rabenstein, J. Maiss, S. Naegele-Jackson, K. Liebl, M. Radespiel-Troeger, T. Hengstenberg, P. Holleczeck, E.G. Hahn, M. Sackmann, Teleendoskopie im Gigabit Testbed Sued (Teilprojekt 1.15): Einflussfaktoren auf die medizinisch-diagnostische Beurteilbarkeit des endoskopischen Videobildes bei digitaler real-time Datenübertragung (Gigabit Testbed Süd, Teilprojekt 1.15). XXIX. Jahrestagung der Bayerischen Gesellschaft für Gastroenterologie, Salzburg, 25.-27. Oktober 2001

Folgender Beitrag befindet sich in Vorbereitung:

Tele-Endoscopy in the Gigabit Testbed South: Influence of data compression, bandwidth and errors on the usability of endoscopic videos for medical diagnosis. T. Rabenstein, J. Maiss, S. Naegele-Jackson, K. Liebl, T. Hengstenberg, M. Radespiel-Tröger, P. Holleczeck, E.G. Hahn, M. Sackmann. Designated for publication in Endoscopy.