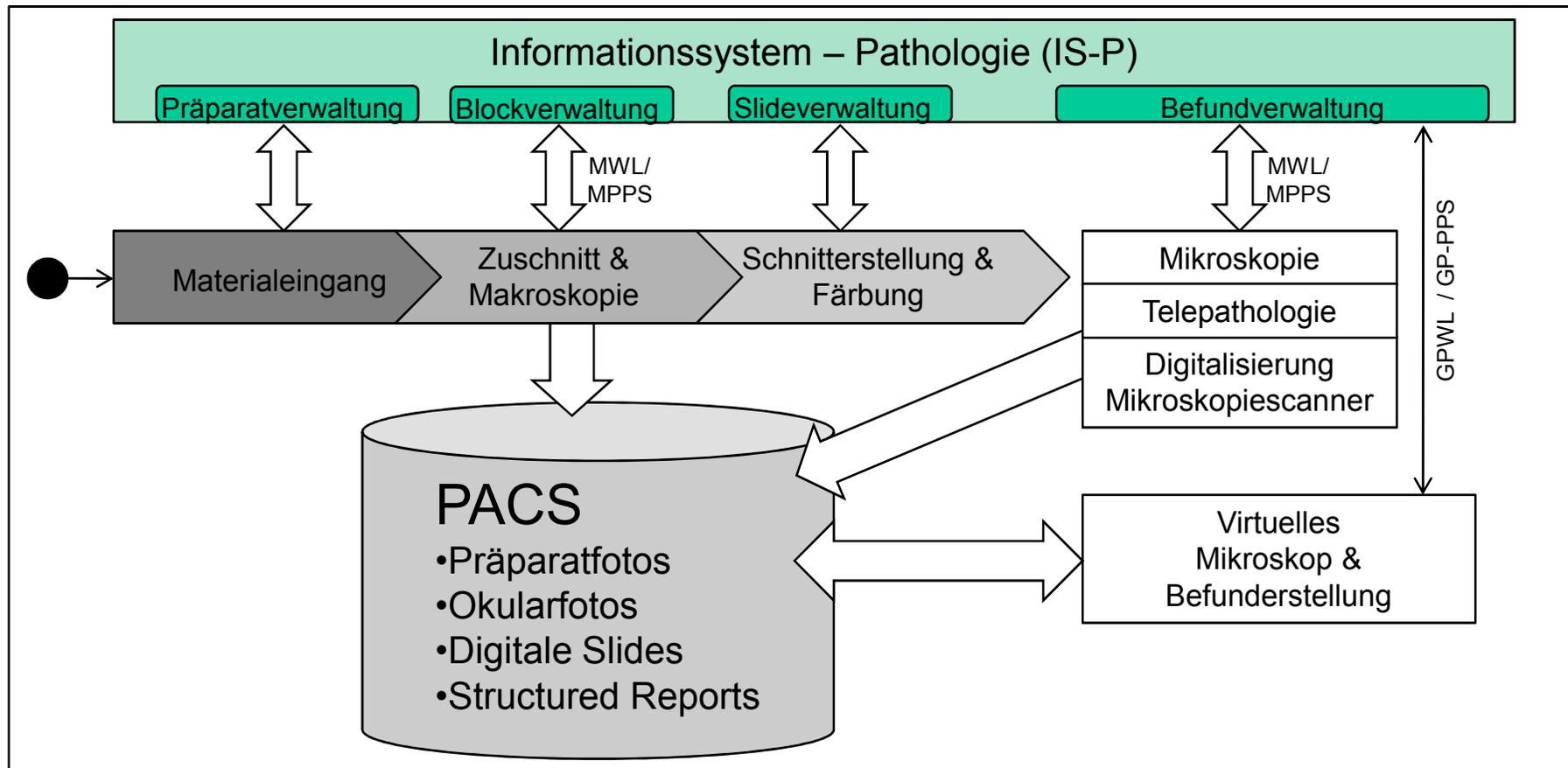


# Verlustbehaftete Kompression in der medizinischen Bildverteilung am Beispiel der Digitalen Pathologie

Ralf Zwönitzer, Thomas Kalinski, Harald Hofmann,  
Albert Roessner, Johannes Bernarding

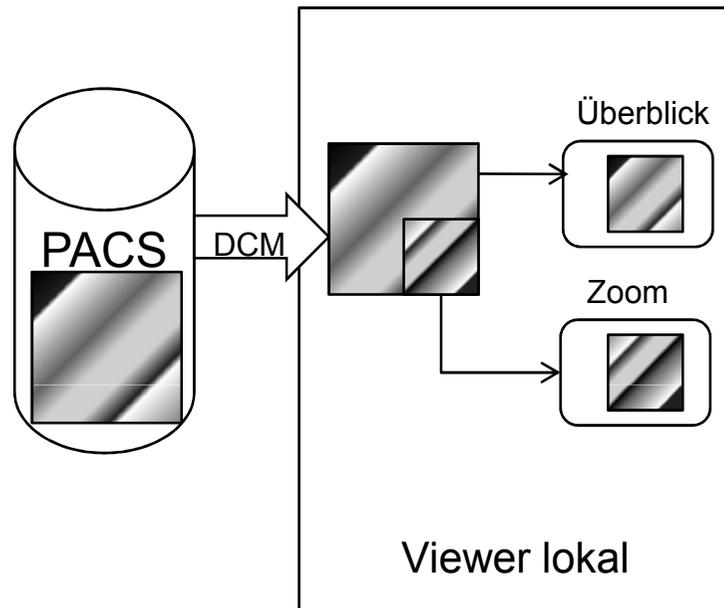


- Übersicht Digitale Pathologie (DP)
  - DP ist Ergänzung der konventionellen Pathologie
  - IS-P muss Verwaltungseinheiten realisieren
  - PACS muss verlustbehaftete Transfer Syntaxen durchgängig beherrschen

## Abschätzung digitalen Objekträgers (Slide)

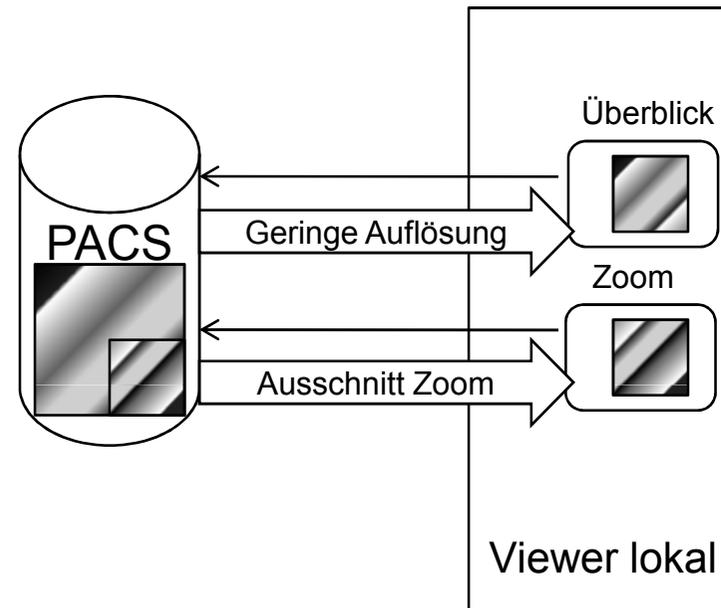
- Größe eines Bildes für 35 x 15 mm<sup>2</sup> mit 40x Objektiv in 9 Ebenen:
  - $25\text{mm} \cdot 4000\text{Pixel/mm} \cdot 15\text{mm} \cdot 4000\text{Pixel/mm} \cdot 3 \cdot 9 = \underline{211\text{GB}}$
  - Verlustbehaftete Kompression mit 20:1 → 10,5 GB
- Übertragungszeit 120 Minuten (30MByte/s)
  - Verlustbehaftete Kompression ist zwingend nötig.
  - Verteilung kompletter Bilder unmöglich.

### Bildverteilung DICOM



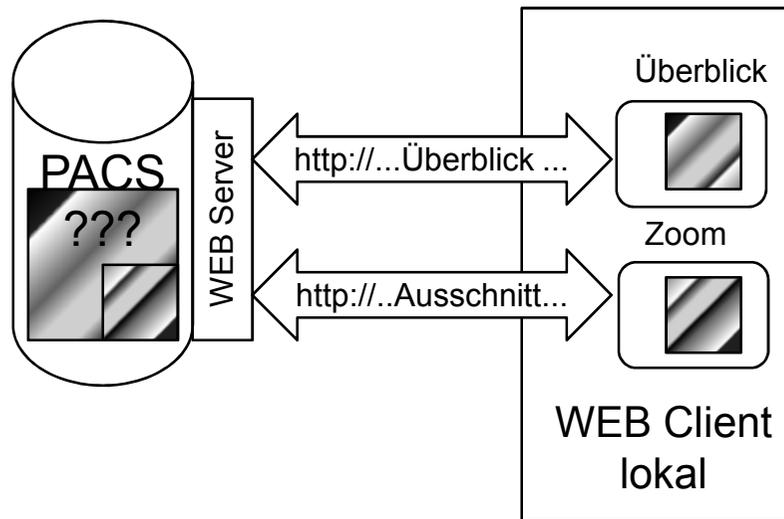
- Übertragung komplettes Bild  
→ Ausschnittberechnung im Viewer

### Bildverteilung Streaming



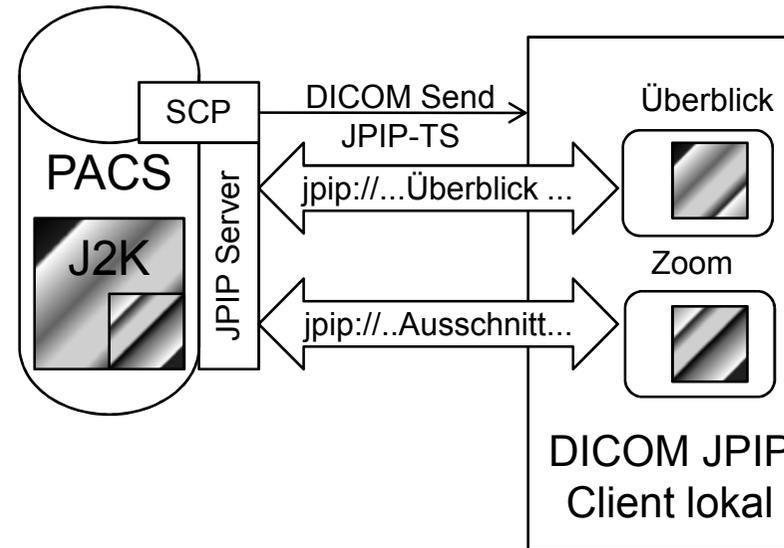
- Übertragung benötigter Bildteil  
→ Ausschnittberechnung im Server

### BV Pathologie WEB



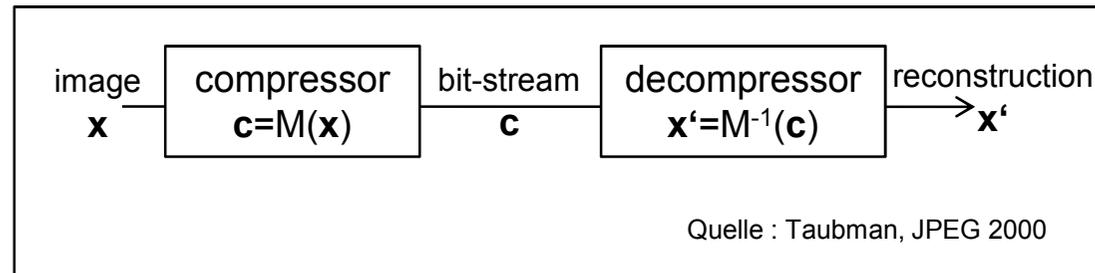
- Keine DICOM Informationen
- Freies Bildformat
- HTTP Protokoll

### BV Pathologie JPIP



- DICOM Information + JPIP URL
- JPEG2000 Bildformat
- JPIP Protokoll

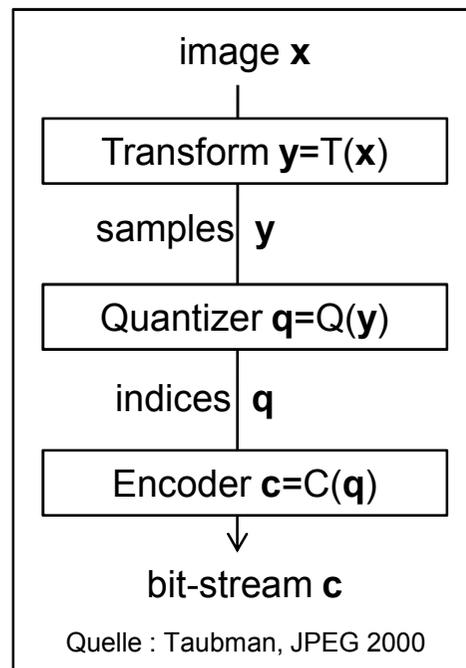
## Grundlagen der verlustbehafteten Bildkompression



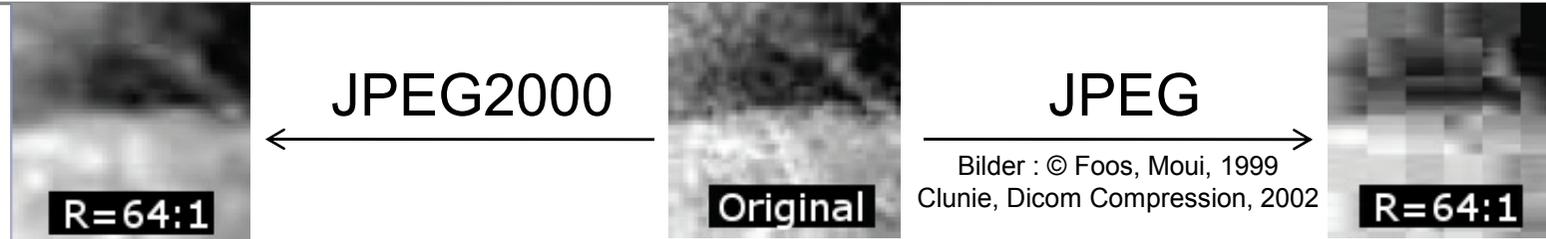
- Informationsverlust ( $x \neq x'$ )
- Kompressionsrate  $R = \text{Größe}(x) / \text{Größe}(c)$ 
  - $R$  ist kein absolutes Maß für den Informationsverlust
- Bildqualität  $Q$ 
  - Mean Square Error (MSE) oder Peak Signal Noise Ratio (PSNR)
  - ▶ Ziel : Maximierung von  $R$  bei gleichem  $Q$

## Schema jeder verlustbehafteten Bildkompression

- Entfernung unwesentlicher Information
  - z.B. Dichteauflösung von Komponenten (Farben)
- Entfernung wesentlicher Information
  - z.B. Zusammenfassung benachbarter Bildpunkte



- Transformation
  - z.B. Dekorrelation nach Kontrast
- Quantisierung
  - Informationsreduktion, z.B. Genauigkeitseinschränkung
- Kodierung
  - z.B. Reduktion durch Häufigkeitsbildung
    - ▶ Bitstrom C kann umgekehrt dekomprimiert werden.

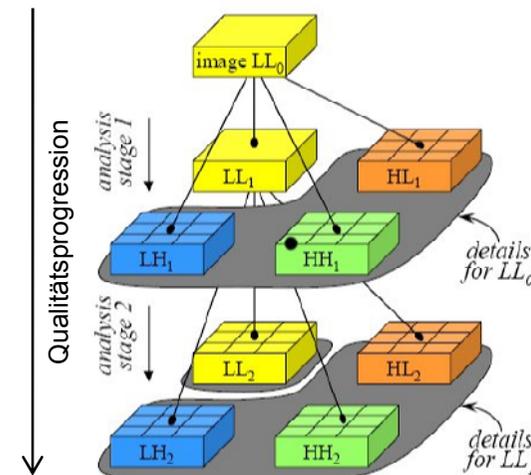
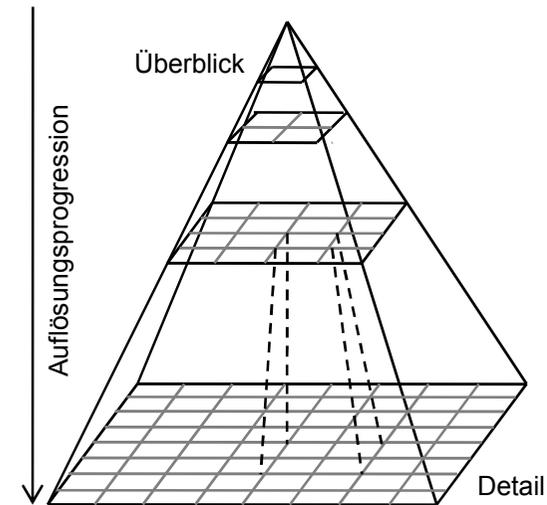
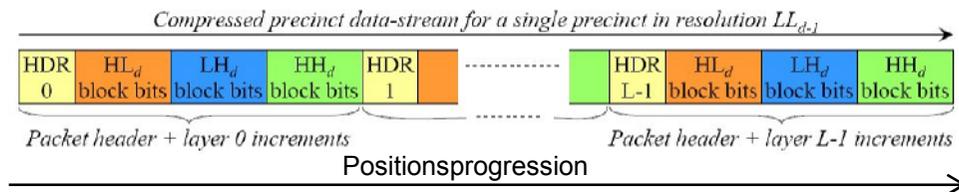


- Diskrete Wavelet Transformation (DWT)
    - Unterteilung frequenz- und auflösungsbasiert
  - 1 bis 16 Bit pro Komponente
  - Verlustfrei gleicher Algorithmus
  - Progression integriert
- Diskrete Cosinus Transformation (DCT)
    - Unterteilung räumlich in 8x8 Blöcke
  - 8 oder 12 Bit pro Komponente
  - Verlustfrei anderer Algorithmus
  - Progression als Sonderfälle
- Bildqualität 20-40% besser als bei JPEG
    - Besonders bei sehr hoher Kompressionsrate
  - Hoher Ressourcenbedarf für die Kompression
    - Bis zu 10x gegenüber JPEG
    - Besonders bei sehr großen Bildern

# Warum JPEG2000 ?

- Auflösungsprogression
- Positionsprogression
- Qualitätsprogression
- Farbprogression

- Weitere Merkmale
  - Selbstenthaltung
  - Übertragungsprotokoll JPIP (Part9)
  - Multidocument



Bilder : © Taubman, Prandolini, 2003 Architecture, Philosophy and Performance of JPIP

## Ergebnisse Allgemein

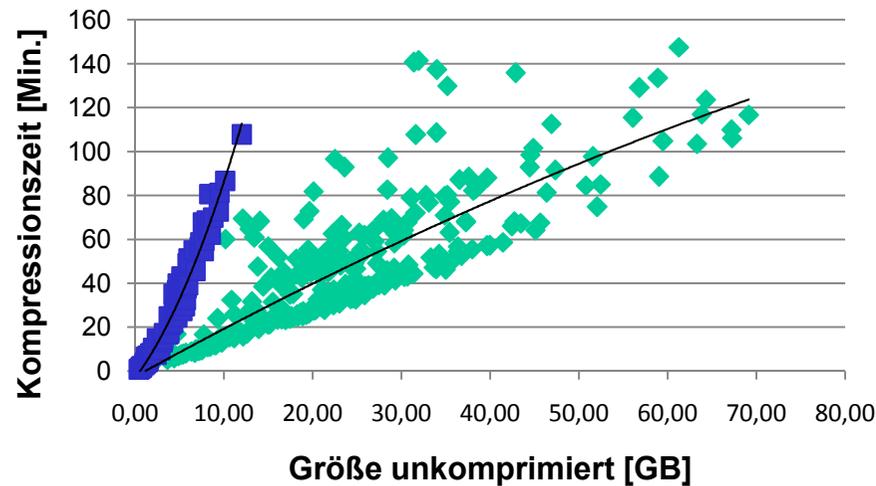
- Statistik (n=391)

	Min.	Max.	Durchschnitt
Größe unkomprimiert [GB]	0,39	69,13	18,63
Bildbreite [Spalten]	16384	233472	86817
Bildhöhe [Zeilen]	8448	120832	66303
Kompressionszeit [Min.]	1	147	42

- JPEG2000 Bibliothek : Kakadu V5.2
  - Experimentalversion
    - ▶ Änderungen nötig

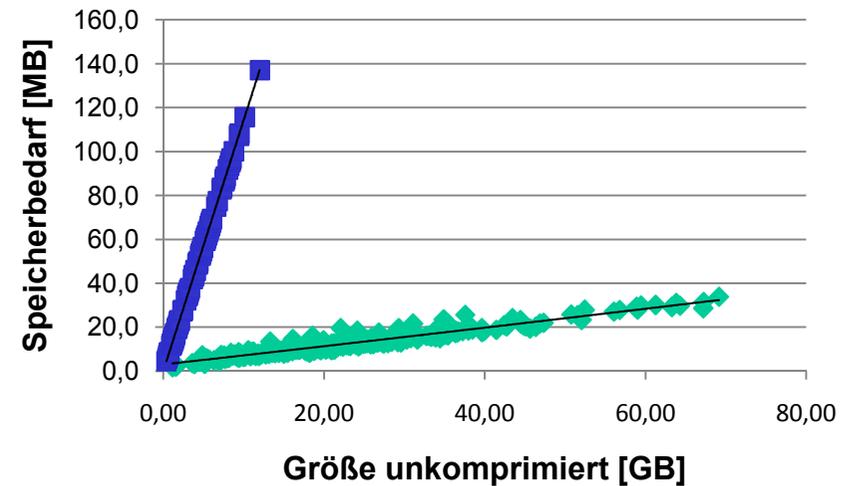
# Ergebnisse Größe unkomprimiert

## Kompressionszeit nach Größe



◆ Prog.Position     ■ Prog.Resolution  
 — Trend Position   — Trend Resolution

## Speicherbedarf nach Größe

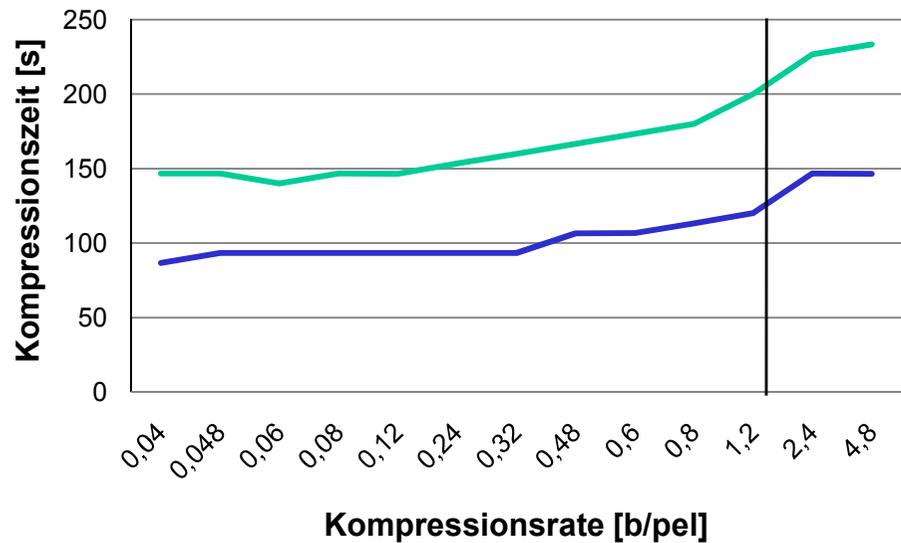


◆ Prog.Position     ■ Prog.Resolution  
 — Trend Position   — Trend Resolution

→ Ressourcenbedarf steigt außergewöhnlich bei großen Dateien  
 ► Abhängigkeit von anderen Kompressionsparametern ?

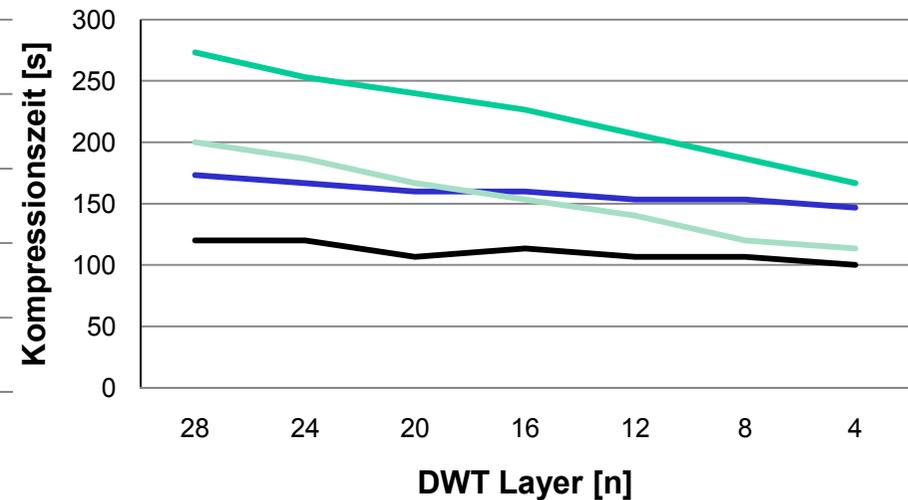
# Ergebnisse Kompressionszeit für 7.5GB

**Kompressionszeit nach Kompressionsrate**



— Prog.Resolution ly — Prog.Position ly

**Kompressionszeit nach DWT Layer**



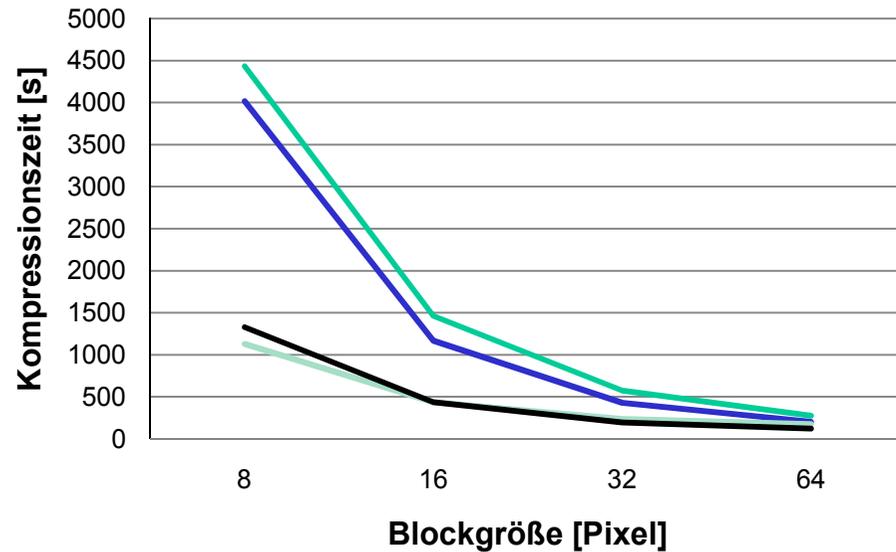
— Prog.Resolution ly — Prog.Position ly  
 — Prog.Resolution ly — Prog.Position ly

→ Kompressionszeit ist der limitierende Faktor

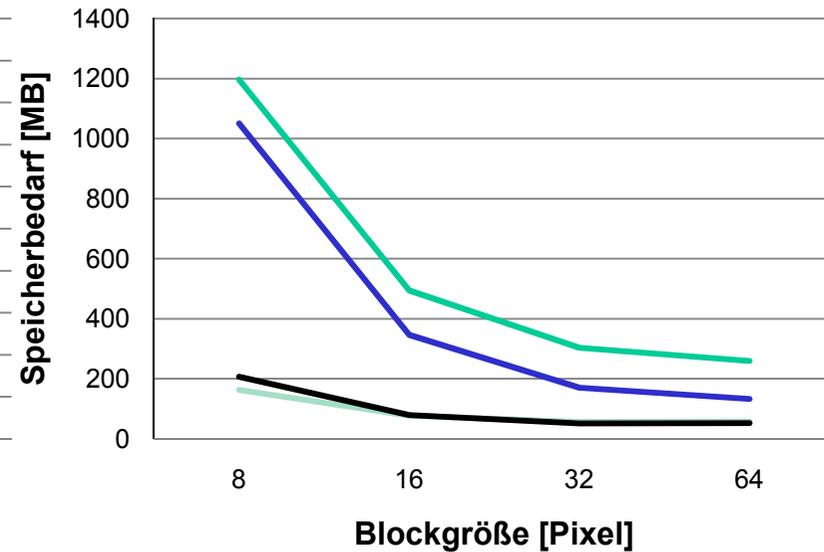
- ▶ Auflösungsprogression deutlich aufwendiger (bei 1,2 fast 90%)
- ▶ Auch Anzahl der DWT Stufen bringt keine signifikante Verbesserung

# Ergebnisse Blockgröße für 7.5GB

### Kompressionszeit nach Blockgröße



### Speicherbedarf nach Blockgröße



— Prog.Resolution Is    — Prog.Resolution Iy  
— Prog.Position Is    — Prog.Position Iy

— Prog.Resolution Is    — Prog.Resolution Iy  
— Prog.Position Is    — Prog.Position Iy

→ Blockgröße hat entscheidenden Einfluss auf die Kompressionsdauer

- ▶ Zeit- und Speicherbedarf sind bei 64x64 Pixel<sup>2</sup> Blöcken optimal
- ▶ Deckungsgleich mit Untersuchungen zu kleinen monochromen Bildern

## Ergebnisse DICOM

- Visible Light (VL) Bildklassen sind ungenügend
  - Slide Modul auf Patientenebene
  - Row/Col Tags für digitale Slides zu klein
    - ▶ Neue Klassen notwendig
- Farbliche Eichung nötig (Color Presentation States) ?
- Workflow Klassen sind ausreichend, müssen aber um IDs erweitert werden
  - Präparat ID, Slide ID
- Aktuelle Archive sind ungenügend auf die Anforderungen vorbereitet
  - Hinsichtlich Größe und Kopplung mit Streaming Server
- DICOM Query/Retrieve nur mit JPIP Transfer Syntax sinnvoll
  - Einzelnen Presentation Context mit JPIP erlauben

## Ausblick Pathologie

- Routinebetrieb erfordert Speicherplatz & Kompressionsressourcen
  - Zur Zeit noch nicht verfügbar
    - ▶ Systemevolutionsstrategien nötig
- Integration der Systemkomponenten in das IS-P zwingend
  - Verwaltungskomponenten für Präparate, Slides, Färbungen und Befunde sind in keinem der gängigen Systeme integriert
    - ▶ Also los !
- DICOM WG26 und IHE beschäftigen sich hauptsächlich mit Workflow Profilen
  - Bildverteilung alleine auf der Basis von Q/R ist fraglich.
    - ▶ IHE Profil Option „Image Distribution“ ?

## Ausblick Technologie

- Netzwerkressourcen schon heute ausreichend
- Kompressionszeiten an Scanzeiten angleichen
  - Number Cruncher, Clustering, Hardware Codecs
- Anforderungen an Speicherplatzbedarf immens
  - Größe / Erweiterbarkeit / Migrationsfähigkeit
    - ▶ Existente Lösungen lassen Ziel erkennen (z.B. SAM-FS)
- Streamingtechnologie ist weit mehr als nur Bildverteilung
  - Reduktion von mehrfachen Bildversionen
  - Integration in ein Information Life Cycle (ILM)
  - Unterstützung der Öffnung nach außen (WAN, Telemedizin)
- Zukünftige Probleme der medizinischen Bildverarbeitung
  - Multislice- / Highres-Modalitäten (CTs & MRs)
  - Größere Matrix bei herkömmlicher Technologie

---

# Vielen Dank

## für die Aufmerksamkeit