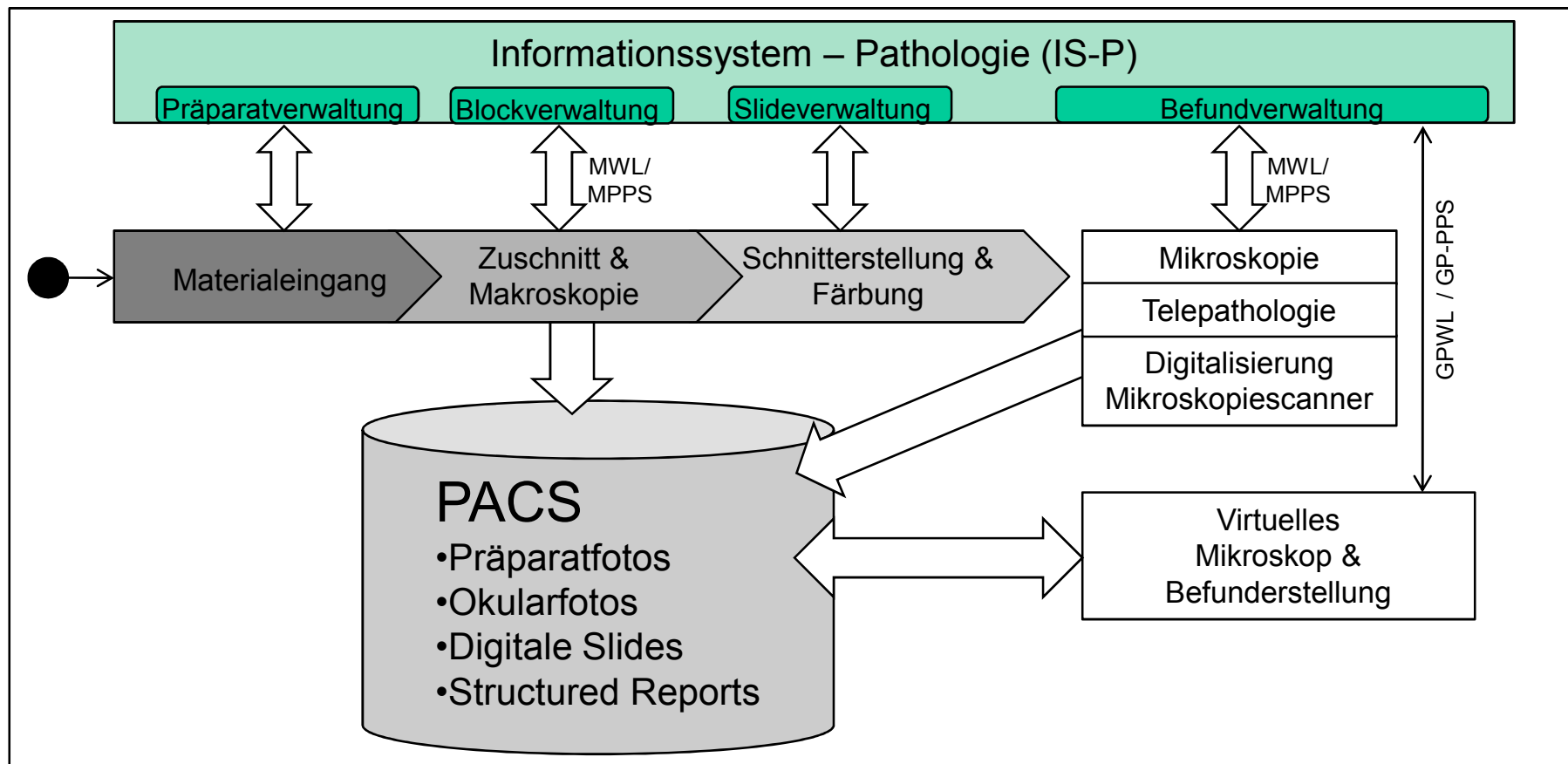


Verlustbehaftete Kompression in der medizinischen Bildverteilung am Beispiel der Digitalen Pathologie

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

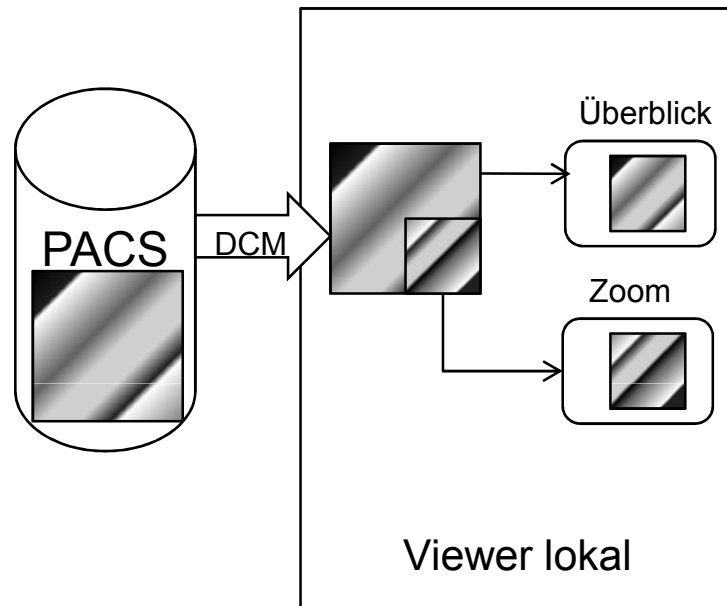


- Übersicht Digitale Pathologie (DP)
 - DP ist Ergänzung der konventionellen Pathologie
 - IS-P muss Verwaltungseinheiten realisieren
 - PACS muss verlustbehaftete Transfer Syntaxen durchgängig beherrschen

Abschätzung digitalen Objekträgers (Slide)

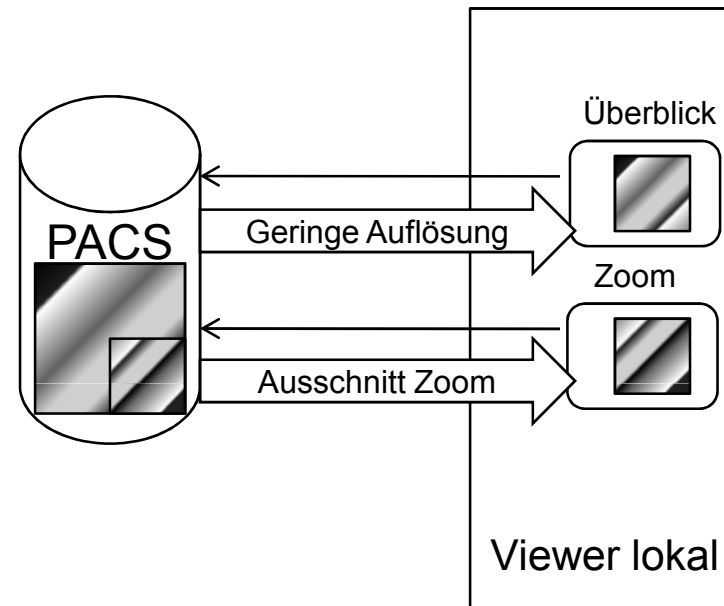
- Größe eines Bildes für 35 x 15 mm² mit 40x Objektiv in 9 Ebenen:
 - $25\text{mm} \cdot 4000\text{Pixel/mm} \cdot 15\text{mm} \cdot 4000\text{Pixel/mm} \cdot 3 \cdot 9 = \underline{211\text{GB}}$
 - Verlustbehaftete Kompression mit 20:1 → 10,5 GB
- Übertragungszeit 120 Minuten (30MByte/s)
 - Verlustbehaftete Kompression ist zwingend nötig.
 - Verteilung kompletter Bilder unmöglich.

Bildverteilung DICOM



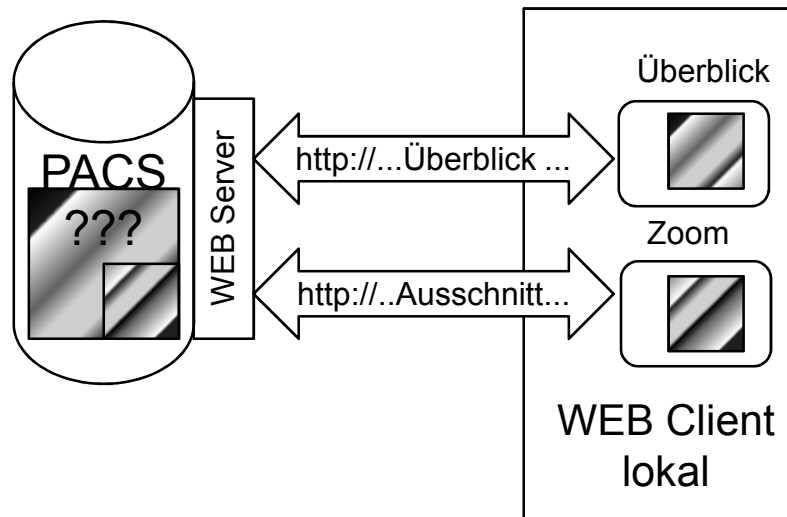
- Übertragung komplettes Bild
→ Ausschnittberechnung im Viewer

Bildverteilung Streaming



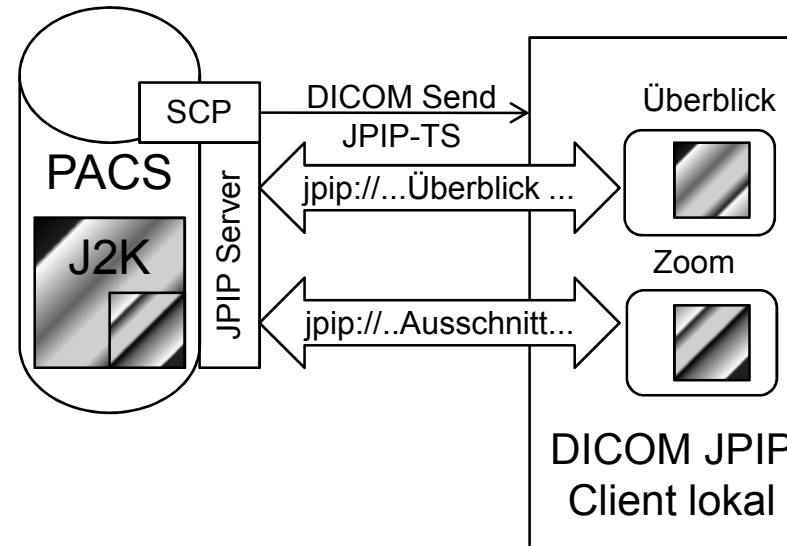
- Übertragung benötigter Bildteil
→ Ausschnittberechnung im Server

BV Pathologie WEB



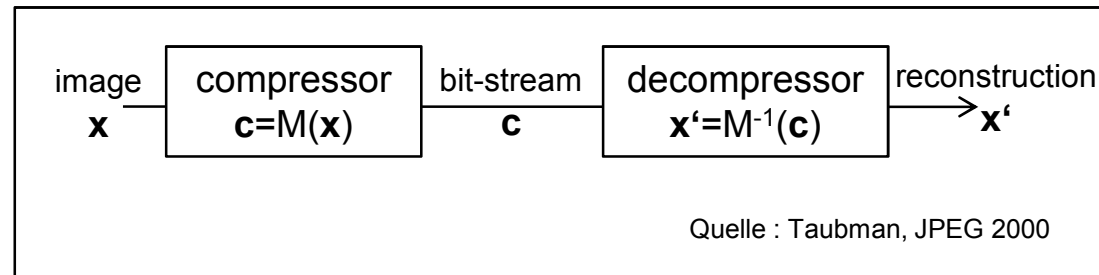
- Keine DICOM Informationen
- Freies Bildformat
- HTTP Protokoll

BV Pathologie JPIP



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

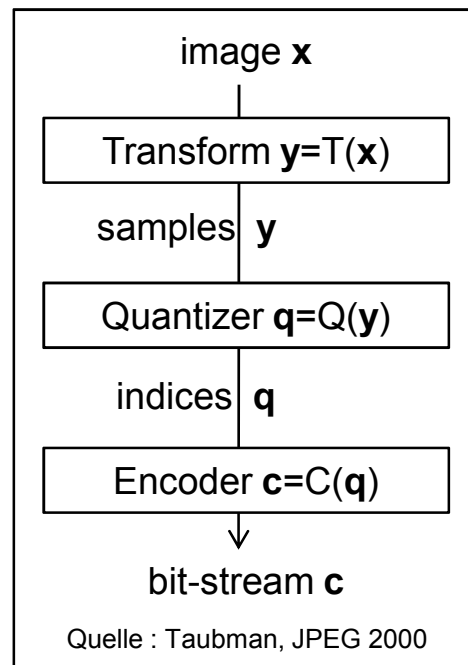
Grundlagen der verlustbehafteten Bildkompression



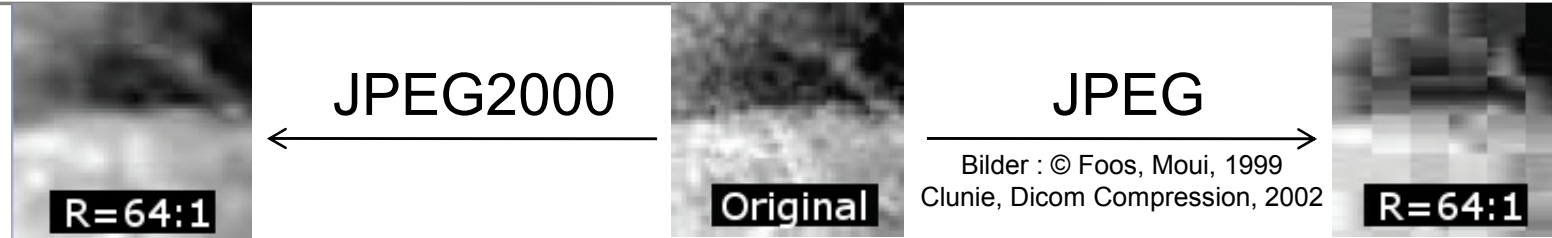
- Informationsverlust ($x \neq x'$)
- Kompressionsrate $R = \text{Größe}(x) / \text{Größe}(c)$
 - R ist kein absolutes Maß für den Informationsverlust
- Bildqualität Q
 - Mean Square Error (MSE) oder Peak Signal Noise Ratio (PSNR)
 - ▶ Ziel : Maximierung von R bei gleichem Q

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.



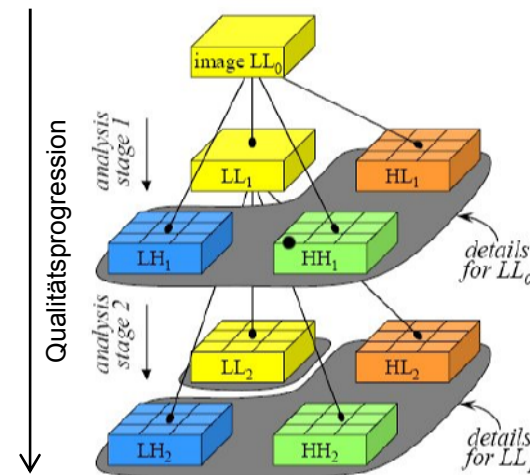
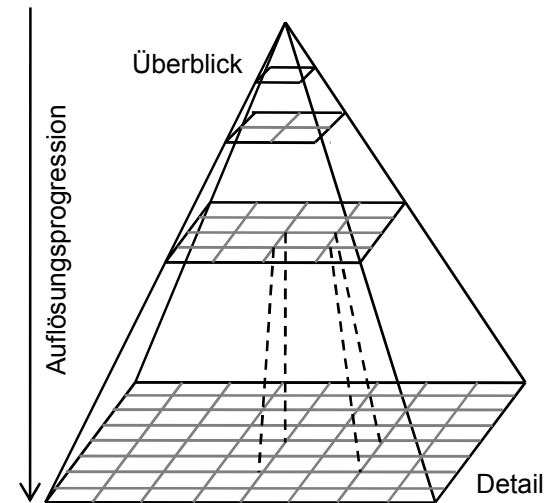
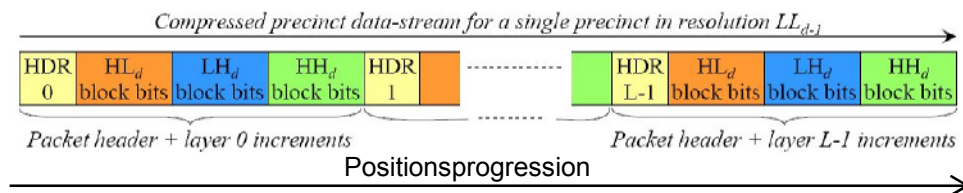
- Diskrete Wavelet Transformation (DWT)
 - Unterteilung frequenz- und auflösungsbasiert
 - 1 bis 16 Bit pro Komponente
 - Verlustfrei gleicher Algorithmus
 - Progression integriert
- Diskrete Cosinus Transformation (DCT)
 - Unterteilung räumlich in 8x8 Blöcke
 - 8 oder 12 Bit pro Komponente
 - Verlustfrei 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

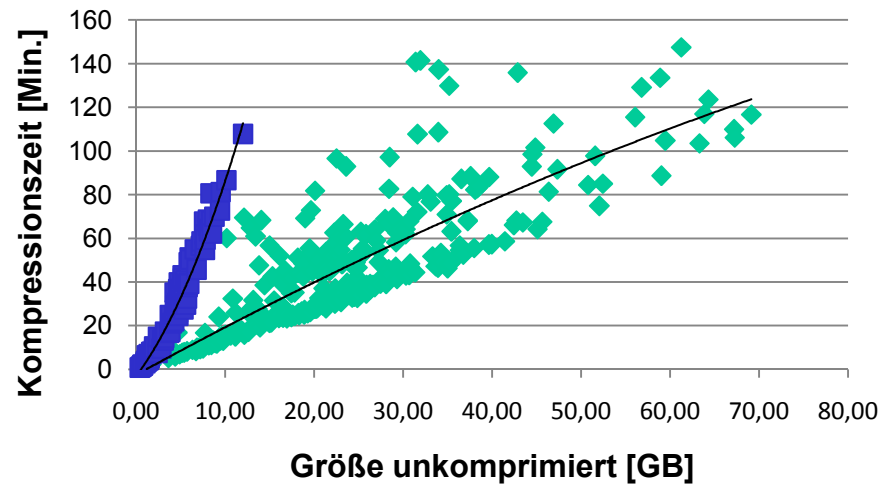
- Statistik (n=391)

	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

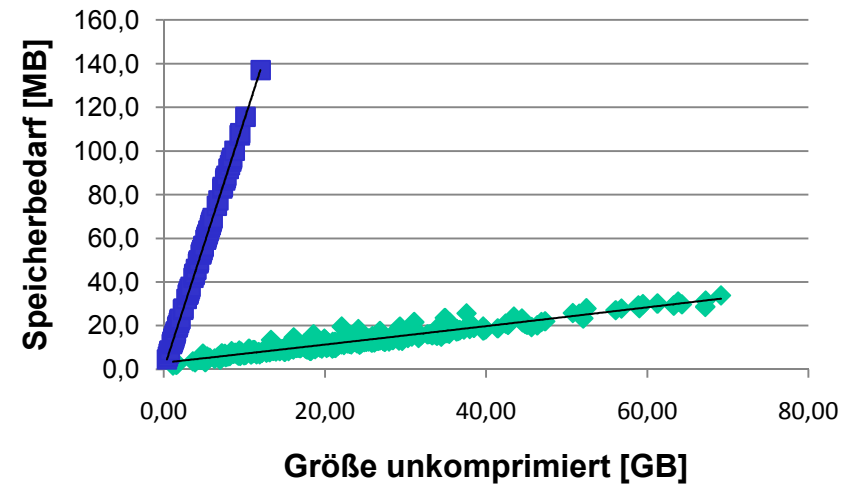
Ergebnisse Größe unkomprimiert

Kompressionszeit nach Größe



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

Speicherbedarf nach Größe

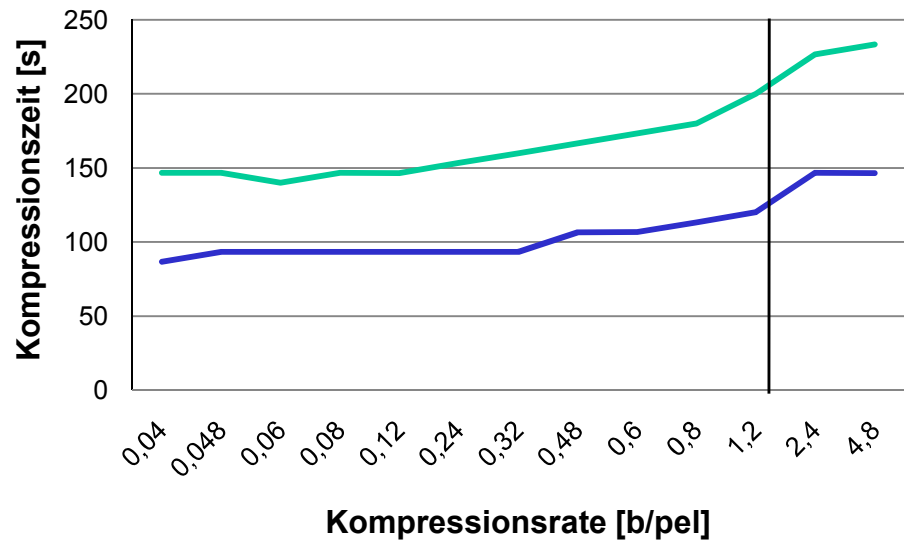


◆ Prog.Position ■ Prog.Resolution
 — Trend Position — Trend Resolution

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

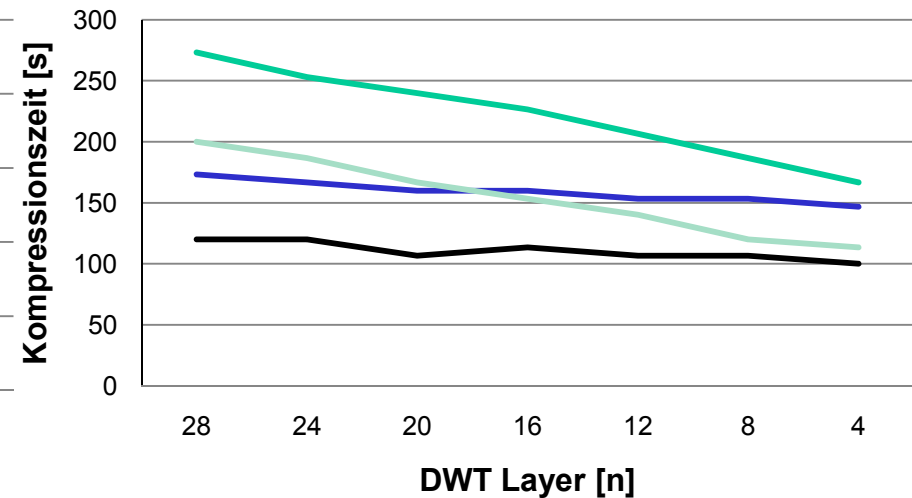
Ergebnisse Kompressionszeit für 7.5GB

Kompressionszeit nach Kompressionsrate



— Prog.Resolution ly — Prog.Position ly

Kompressionszeit nach DWT Layer



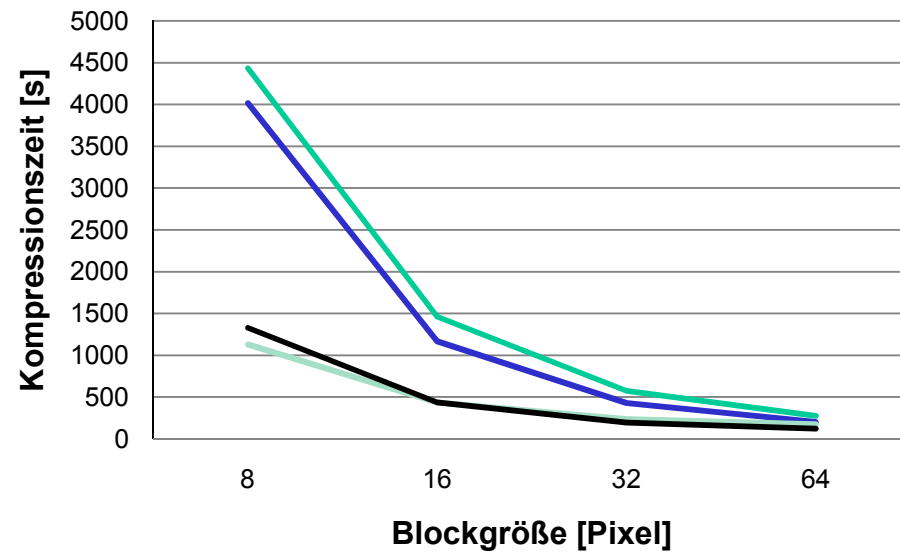
— Prog.Resolution ly — Prog.Position ly
 — Prog.Resolution ly — Prog.Position ly

→ Kompressionszeit ist der limitierende Faktor

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

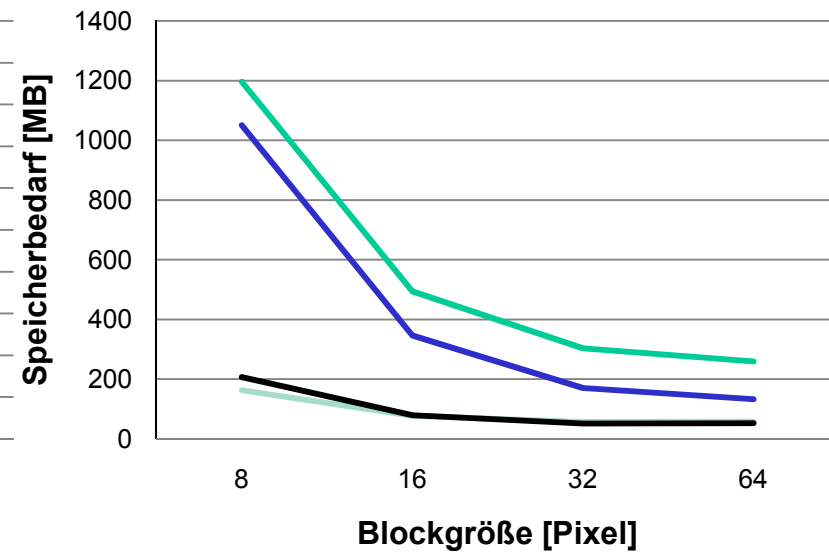
Ergebnisse Blockgröße für 7.5GB

Kompressionszeit nach Blockgröße



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

Speicherbedarf nach Blockgröße



— 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 Pixel² 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