

...

Verlustbehaftete Bilddatenkompression

Deutscher Röntgenkongress Berlin 2008

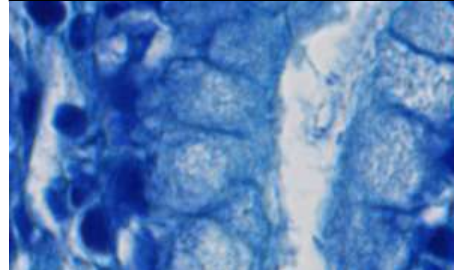
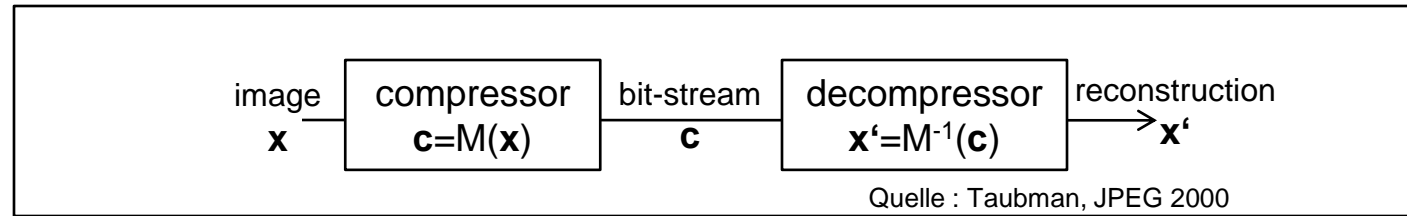
Ralf Zwönitzer, Thomas Kalinski, Harald Hofmann,
Albert Roessner, Johannes Bernarding



Verlustbehaftete Bilddatenkompression

1. Definition verlustbehaftete Kompression
2. Anforderungen an Bildkompression
3. Vergleich JPEG und JPEG2000
4. Streaming und JPIP
5. Integration verlustbehafteter Kompression in DICOM
6. Bewertung der Verfahren hinsichtlich Beurteilungsqualität
7. Beispiele Ressourcenbedarf JPEG2000
8. Zusammenfassung und Forderungen

Grundlagen der verlustbehafteten Bildkompression



Verlustfrei R = 1:1



Verlustbehaftet R = 100:1



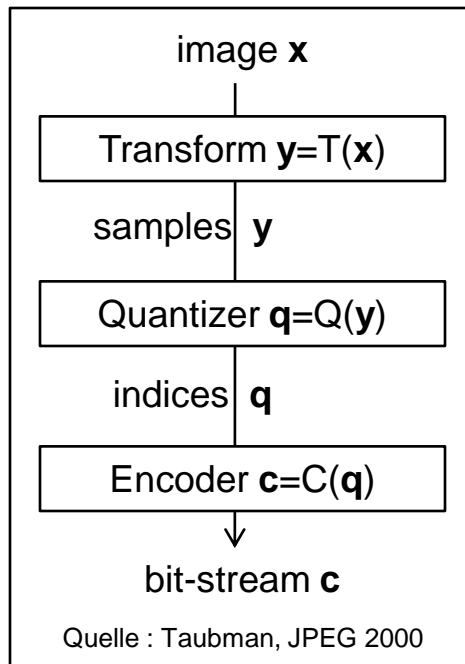
Verlustbehaftet R = 500:1

- Informationsverlust ($x \neq x'$) erzeugt geringere Qualität Q
- Kompressionsrate $R = \text{Größe}(x) / \text{Größe}(c)$
 - R ist kein absolutes Maß für den Informationsverlust

→ Ziel : Maximierung von R bei gleichem Q

Schema jeder verlustbehafteten Bildkompression

- Entfernung unwesentlicher Information
 - unsichtbar für Menschen, irrelevant für Nutzung, „falscher“ Inhalt (z.B. Rauschen)
- Entfernung wesentlicher Information
 - z.B. Zusammenfassung benachbarter Bildpunkte oder ähnlicher Farben



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

Medizinische Anforderungen an Bildkompression

- Qualität
 - Keine Einschränkung der Diagnostik
 - ▶ Wichtige Informationen erhalten
 - Anwendbarkeit
 - Keine Einschränkung der Bildnutzung
 - ▶ Zugriff muss sichergestellt sein (Zeit).
 - ▶ Ergebnisse müssen reproduzierbar sein
 - Sicherheit
 - Langzeitarchivierung und -verfügbarkeit
 - ▶ Verfahren müssen über langen Zeitraum zur Verfügung stehen, sicher vor Systemmigration und Technologiewechsel sein.
- Bisher : Nur einfache, verlustfreie Kompression

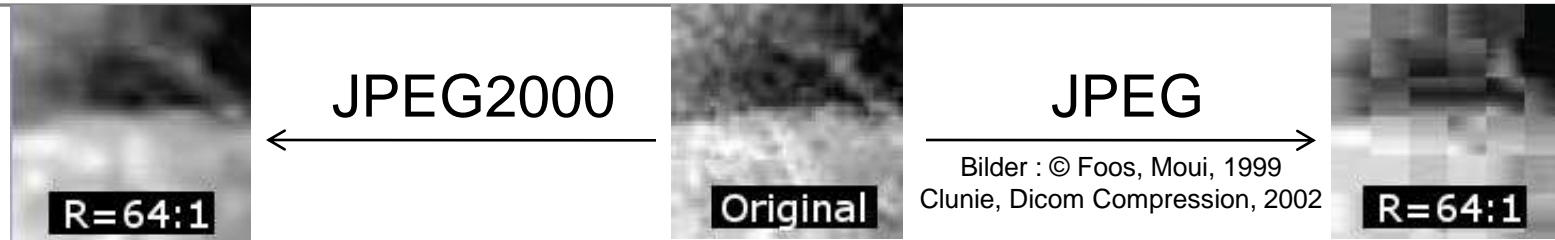
Technische Anforderungen an Bildkompression

- **Reduktion der Größe**
 - Speicherplatznutzung und Zugriffszeit
 - ▶ Kompromiss Rechenaufwand - Kompressionsrate
- **Organisation und Flexibilität**
 - Steigende Bildmengen, Bildgrößen und Bildarten
 - ▶ Zusammenfassung und Skalierung des Verfahrens
- **Unabhängigkeit**
 - Zukunftssicherheit (Kompression ist Investition)
 - ▶ Patentfreiheit und Standardisierung
- **Skalierbar an Anwendungsfall**
 - Unterstützung Bildverteilung, Bildabruf
 - ▶ Zugriffsprotokoll und Progression (DICOM, Streaming)

→ Ein Verfahren für alles ist wünschenswert.

Beispiel Mammo3





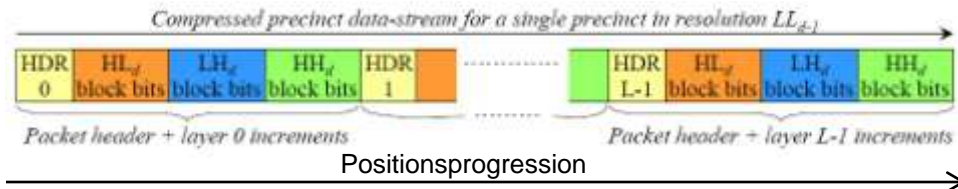
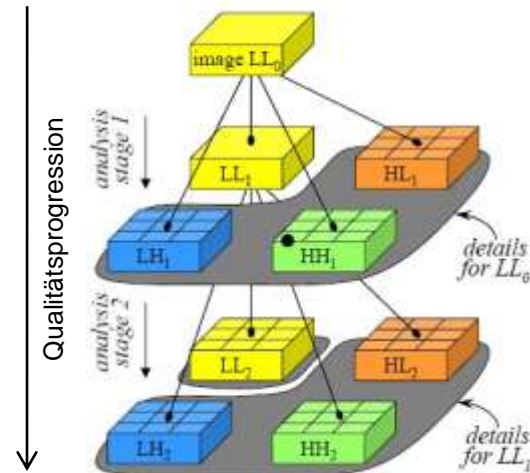
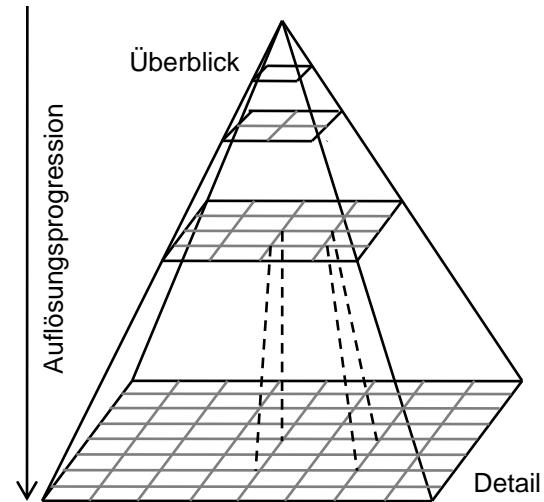
- Diskrete Wavelet Transformation (DWT)
 - Unterteilung frequenz- und auflösungsbasiert
 - 1 bis 16 Bit pro Komponente
 - Verlustfrei gleicher Algorithmus
 - Progression integriert
- Diskrete Cosinus Transformation (DCT)
 - Unterteilung räumlich in 8x8 Blöcke
 - 8 oder 12 Bit pro Komponente
 - Verlustfrei 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 bei sehr großen Bildern
 - JPEG LS/NLS leider lizenzrechtlich „verbrannt“

Beispiel Slide



Warum JPEG2000 ?

- Auflösungsprogression
- Positionsprogression
- Qualitätsprogression
- Farbprogression
- Weitere Merkmale
 - Selbstenthaltung
 - Übertragungsprotokoll JPIP (Part9)
 - Multidocument

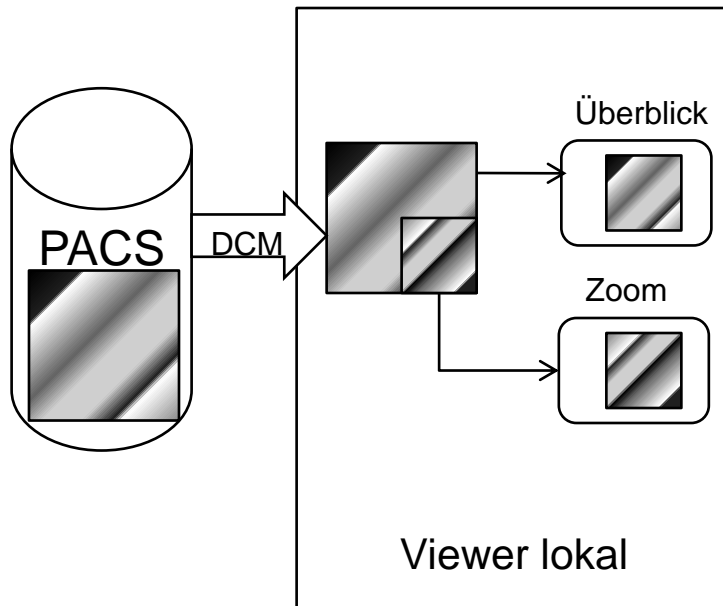


Bilder : © Taubman, Prandolini, 2003 Architecture, Philosophy and Performance of JPIP

Beispiel B1

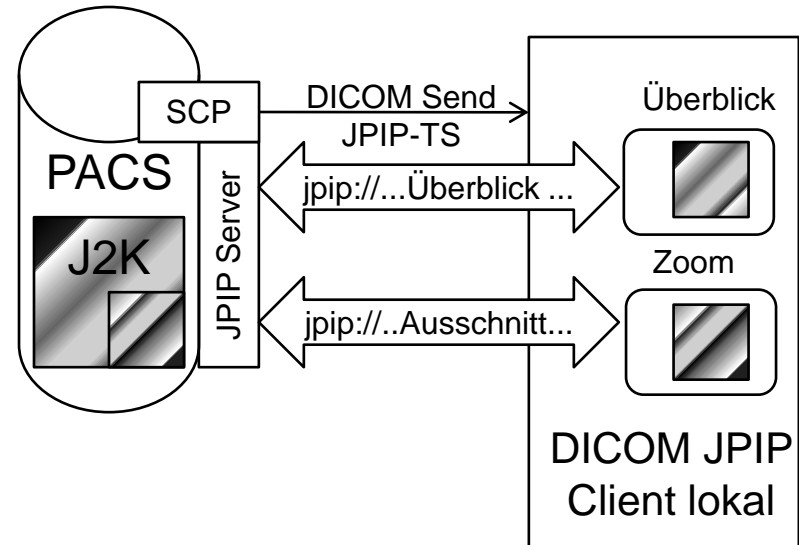


Bildverteilung DICOM



- Übertragung komplettes Bild
 - DICOM Store-and-forward
 - Ausschnittberechnung im Viewer

Bildverteilung Streaming



- Übertragung benötigter Bildteil
 - DICOM Header + JPIP URL
 - Ausschnittberechnung im Server

Beispiel CT

Integration in DICOM

- Kennzeichnung eines Bildes mit Verlustbehaftung
 - Lossy Image Compression & Ratio Tags (0028,211X)
 - ▶ Dauerhafte Kennzeichnung einer einmal angewendeten Kompression muss angezeigt und erhalten werden
 - JPEG2000 Transfersyntax
 - Verlustfrei und verlustbehaftet
 - Singleframe und Multidocument
 - ▶ Verlustbehaftung muss beibehalten werden, keine unnötige Rekompensation bei der Übertragung durch SCU/SCP-Negotiation.
 - JPIP Transfersyntax
 - Referenzierende Transfersyntax zur Übertragung einer Streaming URL in (0028,7fe0)
 - ▶ Progressionsfortschritt muss angezeigt werden
- Integration verlustbehafteter Kompression in alle Systeme und Services (mit Kontrollmöglichkeiten)

Bewertung der Verfahren hinsichtlich Beurteilungsqualität

- **Fragestellung**
 - Wann ist die Beurteilungsqualität noch ausreichend?
 - **Motivation**
 - Beurteilungsqualität ist subjektiv und durch Fehlerberechnungen (PSNR) nicht quantitativ messbar.
 - ▶ Studien notwendig (ca. 50 qualitativ ausreichende)
 - **Studieninhalte**
 - Einfluss von Kompressionsverfahren und -rate auf den Informationsverlust
 - Einfluss von Art und Inhalt des Bildes auf den Informationsverlust
 - **Ergebnisse**
 - Empfohlene Kompressionsraten je Modalität / Organ / Verfahren
- Kompression muss Studienergebnisse umsetzen können

Bewertung der Verfahren hinsichtlich Beurteilungsqualität

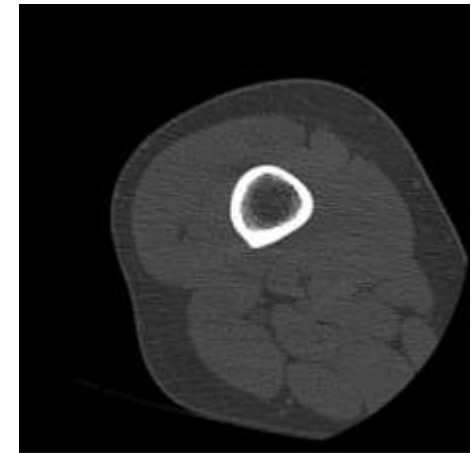
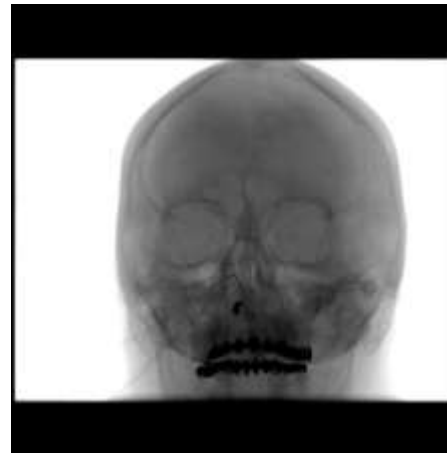
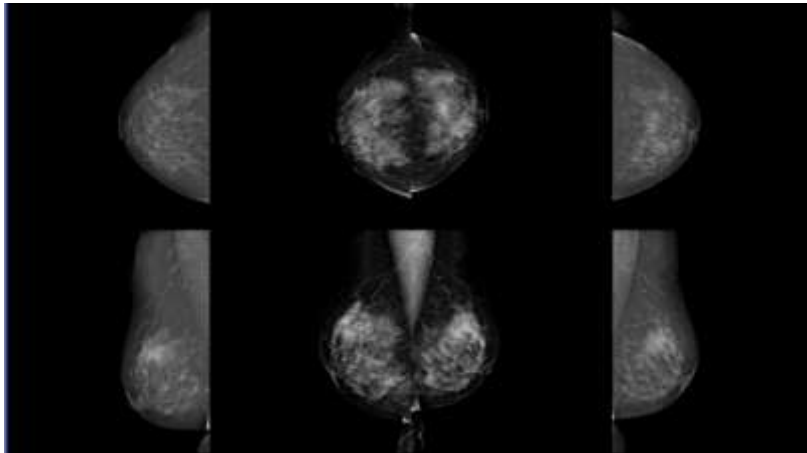
Studie	Modalität	CT	MR	CR	MG
R. Braunschweig, et.al. Internat. Studienlage (n=56) Konsensuskonferenz 2008		8-20	7-16	8-20	25
D. Koff, et.al. Kanadische Studie Februar 2008		8-15	16-24	20-30	15-25
D. Foos, et.al. (*) JPEG 2000 compression of medical imagery, Februar 2000		8-30	5-16	8-120	= CR

- Kompressionsrate abhängig von Bildinhalt (Organ/Prozedur)
- JPEG2000 aufwendiger als JPEG
- Blindversuche mit ähnlichen Ergebnissen
 - Maximal erlaubte Kompressionsrate ist ermittelbar

Ressourcenbedarf JPEG2000

- Software W2k3 X64, JPEG2000 Kakadu V6.0
- Server HP-Proliant DL580 G4, Xeon 12-core 2.99GHz, 32GB RAM

Radiologische Serien	Spalten	Zeilen	Schichten	Größe unkomp.	Faktor lossless	Zeit [s]
Mammografien (32 flach)	19456	53378	1	3 GB	10:1	114
Angiografie (XA)	1024	1024	543	1 GB	4:1	76
CT (Einzelbilder)	512	512	508	0,25 GB	3:1	51
CT (Enhanced)	512	512	1367	0,7 GB	3:1	283



Beispiel XA

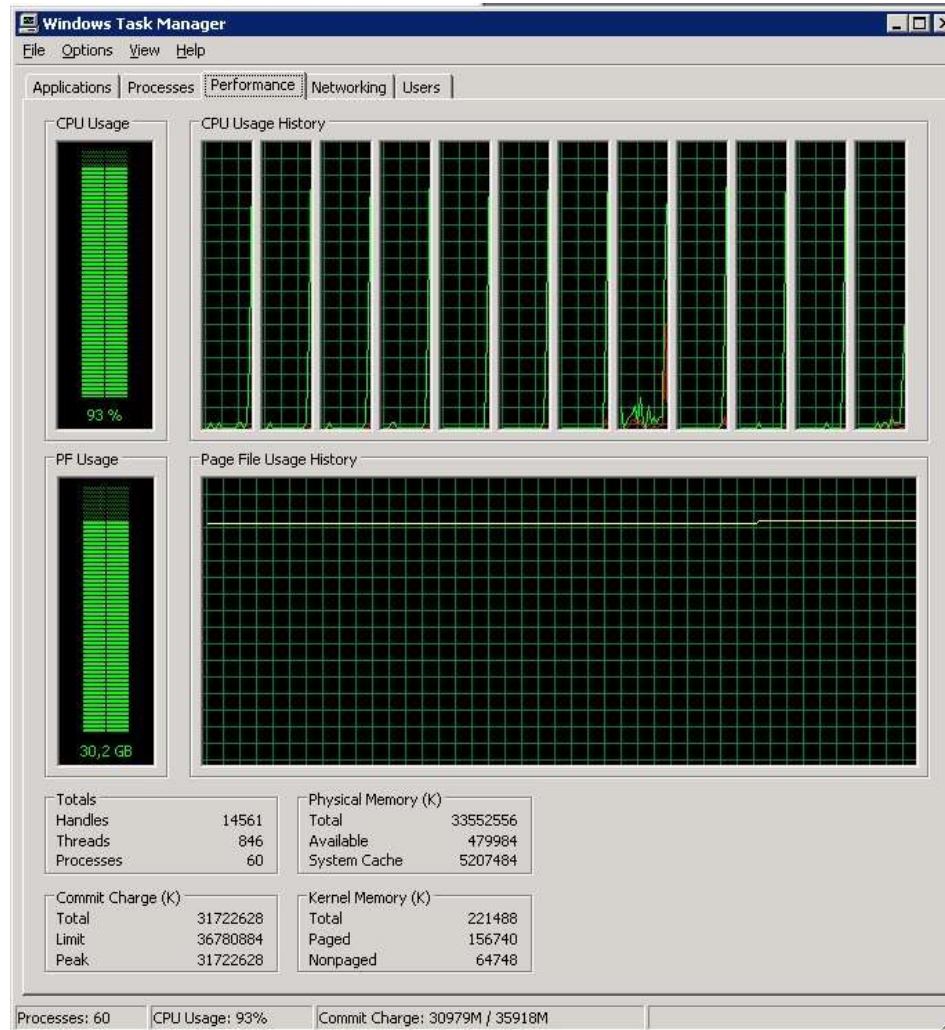
Zusammenfassung JPEG2000

- Limitierungen nahezu unbegrenzt
 - Bildgröße, Komponentenanzahl und -tiefe, Progressionsstufen
 - Behandlung unterschiedlicher Bildbereiche
 - Irrelevante Bereiche stärker komprimierbar
 - Zusammenfassung ähnlicher Bilder
 - Schnittbilder oder Bewegbilder als Bildstapel (auch 4D)
 - Skalierung der Kompression
 - Anpassung an Art und an Inhalt des Bildes
 - Skalierung der Dekompression
 - Anpassung an die Art der Verwendung (Diagnose, Teleradiologie)
- Anwendbar auf alle Bildarten, Inhalte und Anwendungen

Zusammenfassung

- Anforderungen an das Kompressionsverfahren
 - Anwendbar auf alle Bildarten und Bildinhalte
 - Unterstützung aller Anwendungsfälle der Dekompression
 - Einsetzbar für zukünftige Bilddaten und -mengen
 - Integration in DICOM
 - Integration von Progression und Streaming
 - Öffentlichkeit, Standardisierung und Validierung
- Anforderung an die Systeme
 - Skalierbare Kompression und Dekompression
 - Integration in alle Services
 - Anzeige der Verlustbehaftung
 - Qualitätssicherung : Keine unnötige Rekompresseion

Ausblick ...



...

Vielen Dank

für die Aufmerksamkeit

