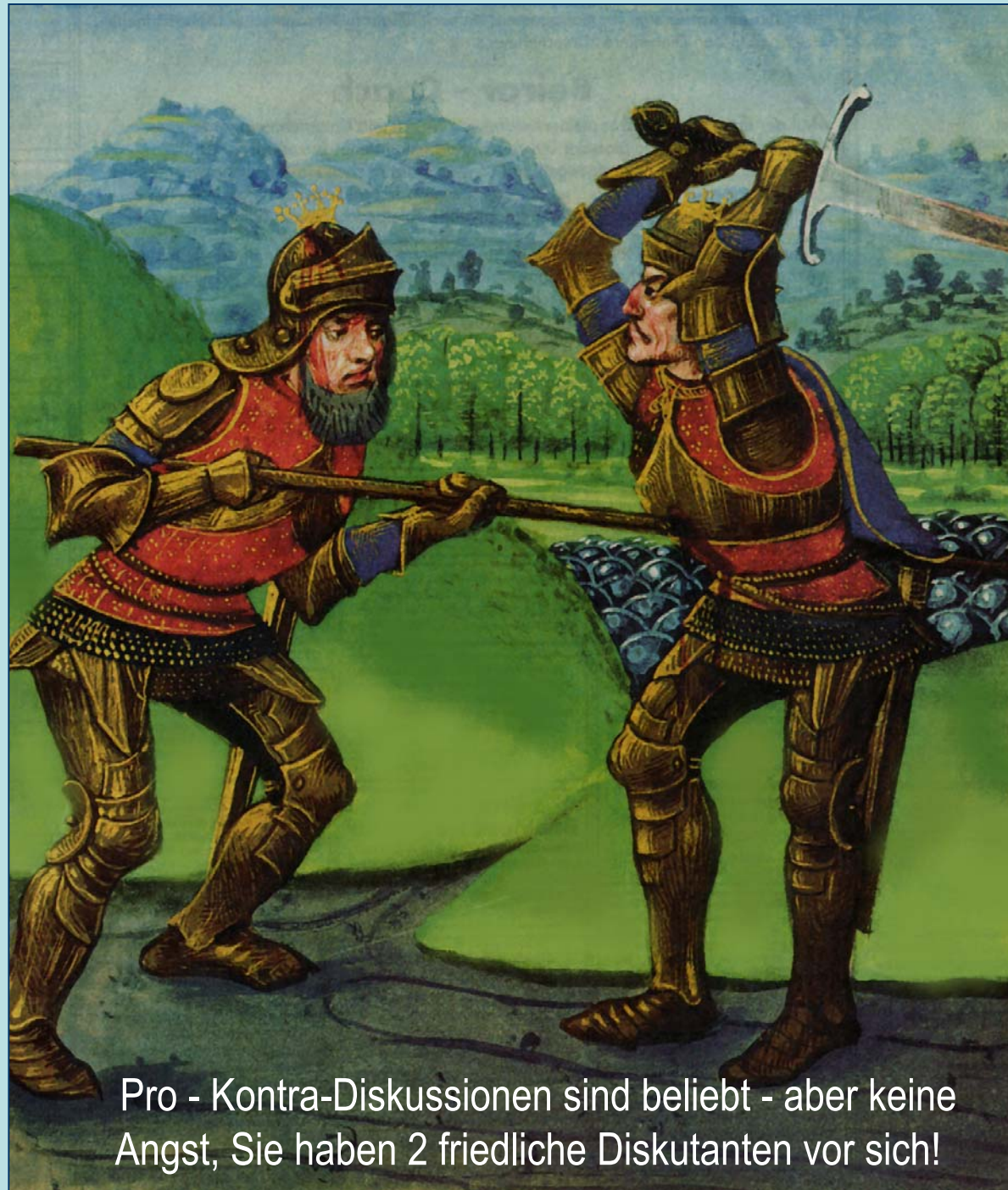


Nürnberg - 23. Februar 2008

Konsensuskonferenz: Kompression radiologischer Bilddaten

**Gegen verlustbehaftete Kompression =
für verlustfreie Kompression**

K. Mathias
Radiologische Klinik
Klinikum Dortmund



Pro - Kontra-Diskussionen sind beliebt - aber keine Angst, Sie haben 2 friedliche Diskutanten vor sich!

Zeittafel der Kompressions-Algorithmen

- 1949 Informationstheorie, Claude Shannon
- 1949 Shannon-Fano-Entropiekodierung
- 1952 Huffman Kodierung, static
- 1964 Kolmogorov complexity concept
- 1975 Integer coding scheme, Elias
- 1977 Lempel-Ziv-Verfahren LZ77
- 1978 Lempel-Ziv-Verfahren LZ78
- 1979 Bereichskodierung
eine Implementierung arithmetische Kodierung
- 1982 Lempel-Ziv-Storer-Szymanski (LZSS)
- 1984 Lempel-Ziv-Welch-Algorithmus (LZW)
- 1985 Apostolico, Fraenkel, Fibonacci coding
- 1986 Move to front, (Bentley et. al., Ryabko)
- 1991 Reduce Offset Lempel-Ziv (ROLZ,
auch LZRW4, Lempel Ziv Ross Williams)
- 1994 Burrows-Wheeler-Transformation
- 1997 Sequitur
- 1998 Lempel-Ziv-Markow-Algorithmus (LZMA)

Warum reden wir über Datenkompression?



Zahlreiche Tagungen
beschäftigen sich mit der
Datenkompression:
auch diese hier!

[Data Compression Conference, 2007. DCC '07](#)

[Data Compression Conference, 2006. DCC 2006. Proceedings](#)

[Data Compression Conference, 2005. Proceedings. DCC 2005](#)

[Data Compression Conference, 2004. Proceedings. DCC 2004](#)

[Data Compression Conference, 2003. Proceedings. DCC 2003](#)

[Data Compression Conference, 2002. Proceedings. DCC 2002](#)

[Data Compression Conference, 2001. Proceedings. DCC 2001.](#)

[Data Compression Conference, 2000. Proceedings. DCC 2000](#)

[Data Compression Conference, 1999. Proceedings. DCC '99](#)

[Data Compression Conference, 1998. DCC '98. Proceedings](#)

[Data Compression Conference, 1996. DCC '96. Proceedings](#)

[Data Compression Conference, 1995. DCC '95. Proceedings](#)

[Data Compression Conference, 1994. DCC '94. Proceedings](#)


[Data Compression Conference, 1993. DCC '93.](#)

[Data Compression Conference, 1992. DCC '92.](#)

[Data Compression Conference, 1991. DCC '91.](#)

Warum reden wir über Datenkompression?

- geringerer Speicherbedarf
- raschere Datenübermittlung
- Entlastung von Netzen
- Teleradiologie



Keine medizinischen oder technischen, sondern alles ökonomische Aspekte!

Wie wir verlustfrei komprimieren können?

Eine verlustfreie Bildkompression ist möglich, indem verschiedene Typen von Redundanz beseitigt werden, die in den Pixelwerten enthalten sind.

So enthalten einzelne Gray-scale Bilder:

- Interpixel-
 - psychovisuelle
 - Coding-
- } **Redundanz**

Wie wir verlustfrei komprimieren können?

Eine verlustfreie Bildkompression ist möglich, indem verschiedene Typen von Redundanz beseitigt werden, die in den Pixelwerten enthalten sind.

Bildsätze haben zusätzlich eine Set-Redundanz:

Inter-image redundancy

Sie resultiert aus der gemeinsamen Information in mehr als einem Bild des Satzes, z.B. DSA, CT.

Wie wir verlustfrei komprimieren können?

Medical imaging is one of the best application areas for the

- **enhanced compression model (ECM)** and the
- **set redundancy compression (SRC)** methods.

Medical images classified by modality and type of exam are very similar to one another, because of the standard procedures used in radiology.

Therefore, medical image databases contain large amounts of set redundancy, which the ECM can efficiently reduce. Tests performed on a test database of CT brain scans showed significant compression improvement when the images were pre-processed with SRC methods to reduce set redundancy. The tests were performed with the standard compression techniques used in radiology:

- **Huffman encoding**
- **arithmetic coding**
- **Lempel-Ziv compression.**

The best improvement resulted from combining the **min-max predictive method with Huffman compression.**

Warum wir verlustfrei komprimieren?

Vom Entstehen bis Vergehen immer
gleiche Qualität der Bilddaten!

- diagnostische Sicherheit
- Rechtssicherheit

Warum wir verlustfrei komprimieren?

DEUTSCHE NORM		Mai 1998
Digitale Archivierung in der medizinischen Radiologie Teil 1: Allgemeine Anforderungen an die digitale Archivierung von Bildern		DIN 6878-1
ICS 11.020; 37.080		
Deskriptoren: Archivierung, digital, Radiologie, Bild, Daten		
Digital archiving in medical radiology – Part 1: General requirements for the archiving of images Archive numérique en radiologie médicale – Partie 1: Contraintes générales de l'archivage numérique d'images		
Inhalt		
	Seite	
Vorwort	1	
1 Anwendungsbereich	2	
2 Normative Verweisungen	2	
3 Definitionen	2	
3.1 Digitales Archiv für medizinische Bilddaten	2	
3.2 Basisbild	2	
3.3 Befundbild	2	
4 Anforderungen	2	
4.1 Anforderungen an Archivinhalte	2	
4.2 Datenschutz	2	
4.3 Datenintegrität	2	
4.4 Datenverfügbarkeit	2	
4.5 Bildformate und Schnittstellen	2	
4.6 Datenzugriff	2	
4.7 Archivierungsdauer	2	

4.3 Datenintegrität

Das digitale Archiv muß sicherstellen, daß Bilddaten in gleicher Form ausgegeben werden können, wie sie zur Archivierung eingegeben wurden. In diesem Rahmen ist eine verlustfreie Datenkompression gestattet.

Warum wir verlustfrei komprimieren?

4.3 Datenintegrität

Das digitale Archiv muß sicherstellen, daß Bilddaten in gleicher Form ausgegeben werden können, wie sie zur Archivierung eingegeben wurden. In diesem Rahmen ist eine verlustfreie Datenkompression gestattet.



Wirkung:

AK RÖV und Länderausschuß
akzeptieren und referenzieren die Norm!

Was spricht scheinbar für eine verlustbehaftete Kompression?

Ortsauflösung des

- digitalen Bildes
- der Befundungsmonitore
- der Beamer etc.

Gegenwärtige Standards

Monitoraufdlösungen:

SDTV: 480i (640×480)

EDTV: 480p (720×480)

HDTV: 720p (1280×720)

HDTV: 1080p (1920×1080)



Was spricht scheinbar für eine verlustbehaftete Kompression?

Diskrepanz zwischen Speicherbedarf & Leistungsfähigkeit der Speichermedien



Magnetic Storage Media

Warum scheinbar ?

... weil wir heute mit anderen
Speichermedien arbeiten!



Die Floppy Disk wurde längst durch Tera- und Peta-Raids ersetzt:
0,75 → 12.000.000.000 MB

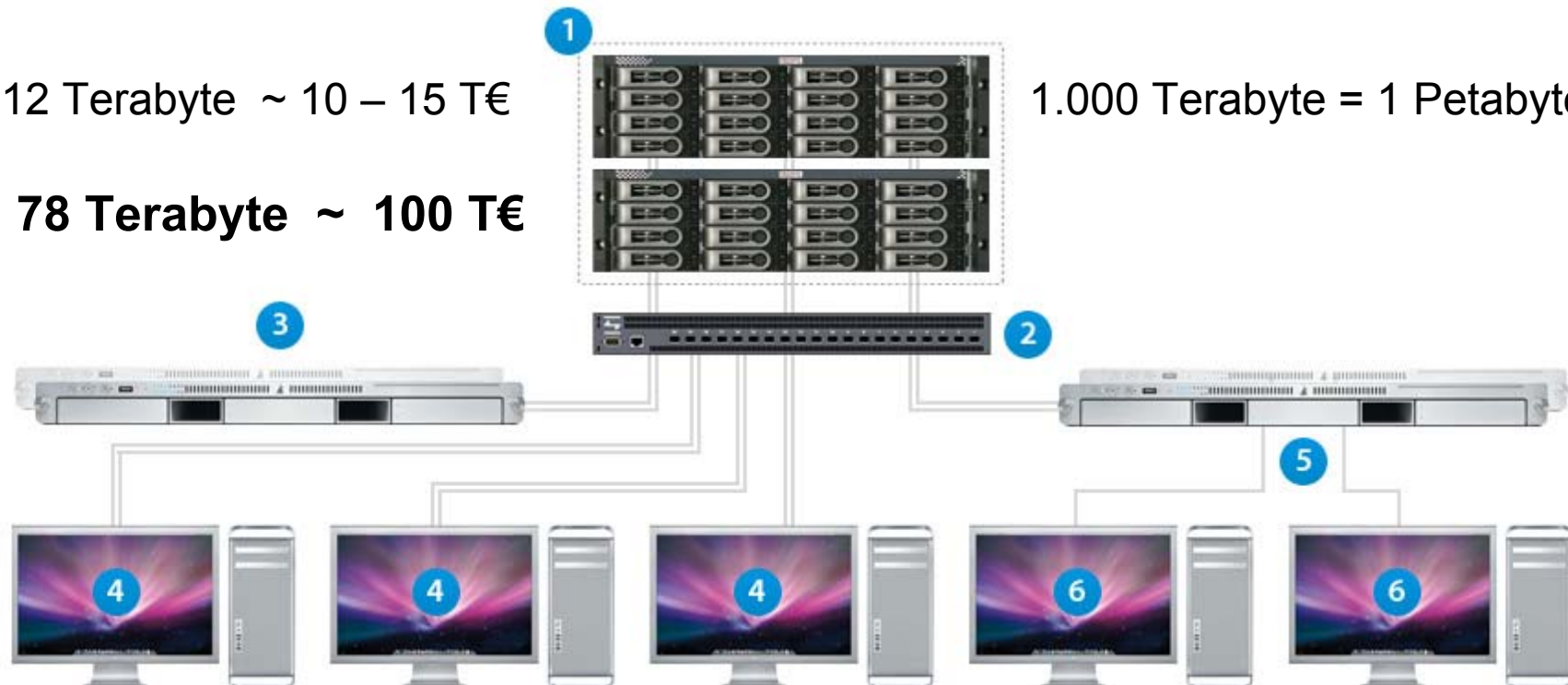
Warum scheinbar ?

... weil wir heute mit anderen
Speichermedien arbeiten!

12 Terabyte ~ 10 – 15 T€

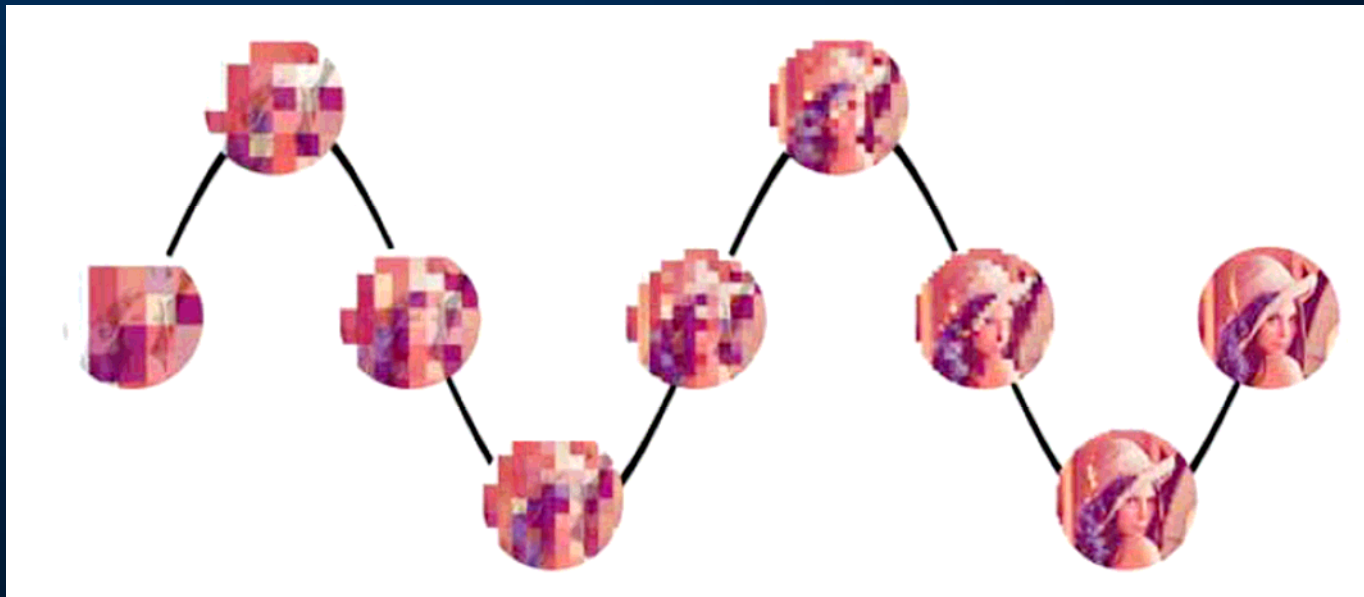
78 Terabyte ~ 100 T€

1.000 Terabyte = 1 Petabyte



Wollen wir die verlustbehaftete Kompression ?

Wieviel Kompression und bei welchen Modalitäten?



Wieviel Kompression und bei welchen Modalitäten?

Meine Empfehlung

geringe Kompression < Faktor 2

Skelettdiagnostik

Lungendiagnostik

Mammographie

höhere Kompression > Faktor 2

CT

MRT

DSA

US

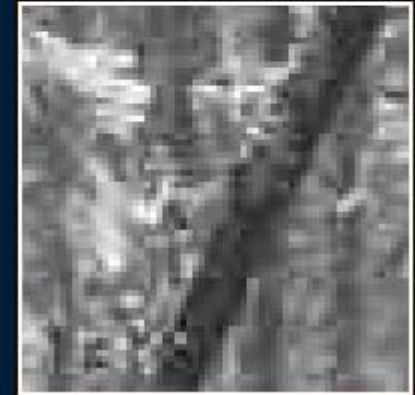
Verlustbehaftete Kompression

Die **Wavelet-Kompression** ist eine Form der Datenkompression speziell für die Bildkompression, auch für die Videokompression.

Dabei nimmt man Qualitätsverluste in Kauf:
verlustbehaftete Kompression!

Verlustbehaftete Kompression

- Farbverfälschungen (z. B. Bleeding)
- wabernder Hintergrund
- Ringing
- Unschärfe, insbesondere bei Kanten
- Kästchenmusterbildung, auch Verblockung genannt
- Schwarz-Weiß-Konturen
- Farbkonturen



**Besonders problematisch:
Vergrößerungen !!!**

Wo wir uns heute bewegen

<u>SI-Präfixe</u>				<u>Binärpräfixe</u>	
Name (Symbol)	SI-konforme Bedeutung	häufig gemeinte Bedeutung ¹⁾	Unterschied	Name (Symbol)	Bedeutung
Kilobyte (kB)	10^3 Byte = 1.000 Byte	2^{10} Byte = 1.024 Byte	2,4 %	Kibibyte (KiB) ²⁾	2^{10} Byte
Megabyte (MB)	10^6 Byte = 1.000.000 Byte	2^{20} Byte = 1.048.576 Byte	4,9 %	Mebibyte (MiB)	2^{20} Byte
		2^{30} Byte = 1.073.741.824 Byte	7,4 %	Gibibyte (GiB)	2^{30} Byte
		2^{40} Byte = 1.099.511.627.776 Byte	10,0 %	Tebibyte (TiB)	2^{40} Byte
		2^{50} Byte = 1.125.899.906.842.624 Byte	12,6 %	Pebibyte (PiB)	2^{50} Byte
Exabyte (EB)	10^{18} Byte = 1.000.000.000.000.000.000 Byte	2^{60} Byte = 1.152.921.504.606.846.976 Byte	15,3 %	Exbibyte (EiB)	2^{60} Byte
Zettabyte (ZB)	10^{21} Byte = 1.000.000.000.000.000.000.000 Byte	2^{70} Byte = 1.180.591.620.717.411.303.424 Byte	18,1 %	Zebibyte (ZiB)	2^{70} Byte
Yottabyte (YB)	10^{24} Byte = 1.000.000.000.000.000.000.000.000 Byte	2^{80} Byte = 1.208.925.819.614.629.174.706.176 Byte	20,9 %	Yobibyte (YiB)	2^{80} Byte

Wo wir uns heute bewegen

- Auflösung digitaler Röntgen-Aufnahmen wird noch zunehmen:
8 → 16 → 32 MB/Bild,
aber die Untersuchungsfrequenz der Projektionsradiographie selbst wächst nicht mehr
- Bildzahlen bei CT & MRT steigen noch, aber höhere Kompressionsraten ohne Verluste möglich!

Wo wir uns heute bewegen

Mit einem Petabyte-Speicher kann ich heute alle Röntgenaufnahmen mehr als 10 Jahre im On-line-Zugriff halten!

3.000 CT-Aufnahmen pro

Untersuchung sind problemlos!

Warum wir nur eine verlustfreie Kompression wollen

- Speicherkapazitäten wachsen rasch
 - Netze werden leistungsfähiger
 - Monitorauflösung steigt 1K→2K→4K
-
- höchste medizinische Sicherheit
 - rechtlich und politisch nicht angreifbar



Verlustbehaftete Kompression mag
mehr Spaß machen, aber ...



... mit verlustfreier Kompression ist man
nicht angreifbar!