

JPEG - Kompression

Steffen Grunwald, Christiane Schmidt, Stephan Weck
TIT01EGR
BA-Mannheim

21. Mai 2002

Inhaltsverzeichnis

1	Entwicklung von JPEG	2
1.1	Was heisst und was ist JPEG?	2
1.2	Geschichte	2
1.3	JPEG vs. GIF	2
2	Funktionsweise	3
2.1	Kompressions Algorithmus	3
2.1.1	RGB zu YUV	5
2.1.2	Datenreduktion	5
2.1.3	8 x 8 Aufteilung	5
2.1.4	DCT - Discrete Cosinus Transformation	5
2.1.5	Quantisierung	5
2.1.6	Zick Zack	5
2.1.7	Differential Impulse Code Modulation	5
2.1.8	Runlength Encoding	7
2.1.9	Huffmann Encoding	7
3	Anwendungsgebiete	7
4	Weiterentwicklung	7
4.1	JPEG 2000	7

1 Entwicklung von JPEG

1.1 Was heisst und was ist JPEG?

Bei *JPEG* (kurz für *Joint Photographic Expert Group*) handelt es sich um ein Bildkomprimierungsalgorithmus, nicht um ein Dateiformat. Das zugehörige Dateiformat ist *SPIF*. Die Komprimierung von Bildern im *JPEG* Format ist verlustbehaftet - kaum wahrnehmbare Informationen werden dabei vernachlässigt. Mit dem *JPEG* zugehörigen Dateiformat *JPEG File Interchange Format (JFIF)* wurde ein minimaler Standard definiert, um den Austausch von JPEG komprimierten Bildern zwischen verschiedenen Plattformen und Anwendungen zu organisieren. Eine JFIF-Datei kann optional verkleinerte Bilder (sog. Thumbnails) zur Vorschau enthalten.

1.2 Geschichte

Schon Ende der 70er-Jahre suchten Grafikspezialisten nach einem neuen Bildformat, das die Wünsche und Anforderungen grundsätzlich unterschiedlicher Anwendergruppen befriedigen sollte. Druckindustrie, PC- sowie Mac-Benutzer, Fotoprofis und Röntgenärzte wollten ein Bildformat, das quer über alle Betriebssysteme austauschbar ist. Zusätzlich sollte das Format eine möglichst hohe Anzahl von Farben oder Graustufen darstellen können, die Datenmenge ohne sichtbare Verluste stark reduzieren. Diese an sich gegensätzlichen Forderungen versuchte die Joint Photographic Experts Group, die dem JPEG-Format den Namen gab, zu erfüllen. Seit 1992 ist das JPEG-Verfahren zum weltweiten Standard in der Kompression von Farb- und Graustufenbildern geworden.

Die wichtigsten Anforderungen bei der Entwicklung des JPEG-Formats lauteten:

- Das Format soll sich für möglichst viele unterschiedliche Einsatzbereiche eignen.
- Die Bildqualität und der Kompressionsfaktor soll die Grenze des während der Entwicklung technisch Machbaren darstellen.
- Die Kompression muss unabhängig von Lage, Gröse oder Farbanzahl des Bildes sein.
- Die mathematische Komplexität des Kompressionsalgorithmus soll gleichzeitig so gering wie möglich sein.
- Der Algorithmus muss auch in Hardware einfach zu realisieren sein (z.B. für Kompressionschips).
- Die Bildqualität soll durch die Auswahl eines Kompressionsfaktors einstellbar sein.

1.3 JPEG vs. GIF

Das *JPEG* und das *GIF* Format sind die am häufigsten benutzten Standards im Internet. Beide sind für bestimmte Anwendungsarten vorteilhaft: *GIF* besitzt nur eine Farbtiefe von 8 bit. Deswegen müssen die Farben eines Photos

GIF:



JPEG:



Abbildung 1: Geeignete Bilder für GIF und JPEG

reduziert werden. Die Speicherung ist jedoch verlustfrei - auch nach mehrmaligem Speichern. *GIF* eignet sich deshalb gut für die Anzeige von Liniengrafiken, Cartoons usw. sehen wesentlich besser aus als in *JPEG*. *GIF* unterstützt laut Standard Animationen, Transparenz (einer Farbe) und interlacing (wie *JPEG* Progressive Encoding).

Da die Farbtiefe von *JPEG* 24 bit (3×8 bit, True Color) beträgt, ist *JPEG* gut für Fotografien geeignet - die von natur aus keine klaren Kanten zeigen - und komplexere Bilder, medizinische Aufnahmen und andere Bildtypen, bei denen die Kompressionsartefakte die Bildqualität nicht zu stark beeinflussen. *JPEG* ist nicht geeignet für Bilder, die nur wenige hundert Pixel enthalten (grösser als *GIF*). Bei grossen Bildern ist bei akzeptabler Qualität die Datei kleiner als bei *GIF*.

Vorteile

- 16,7 Mio. Farben
- Kompressionsraten von 1/10 und 1/30 möglich, ohne sichtbare Qualitätseinbußen machen zu müssen
- keine Copyright Merkmale
- anerkannter Standard
- kurze Kodier- und Dekodierzeit
- niedriger Speicherbedarf bei Kompression und Dekompression

Nachteile

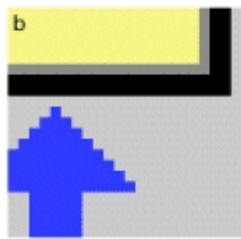
- Fehler bei hohen Kontrasten oder bei Details
- Bilder, die mit grossen Kompressionsraten erzeugt wurden, können unbrauchbar sein (zu grosse Blöcke)

2 Funktionsweise

2.1 Kompressions Algorithmus

Der vollständige Vorgang beim speichern im *JPEG* Format, ist in Abb. 3 dargestellt.

GIF:



JPEG:

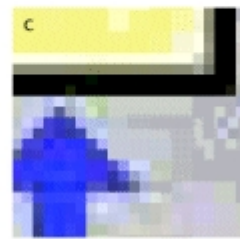


Abbildung 2: Artefakte bei jpeg

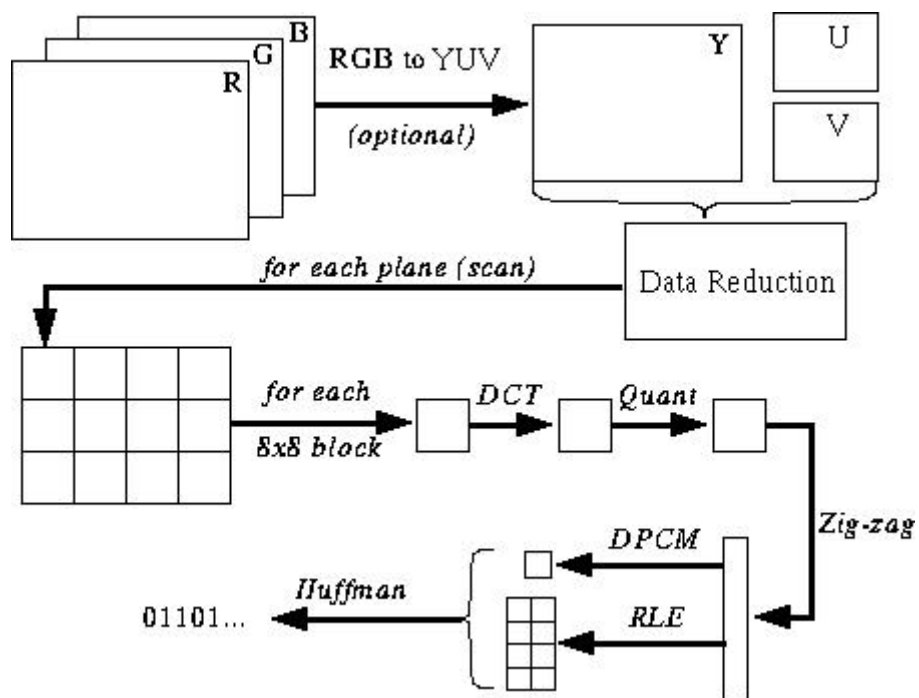


Abbildung 3: Kompressions Algorithmus

2.1.1 RGB zu YUV

Da der Mensch Helligkeitsunterschiede besser erkennt als Farbunterschiede, geschieht die Kompression unter Berücksichtigung der Helligkeits und Kontrastwerte. Dazu werden die Pixelinformationen von Farbwerten (*RGB*) in das *YUV* Format umgewandelt. Y stellt dabei die Luminanz, U und V die Chrominanz dar.

2.1.2 Datenreduktion

Hierbei werden häufig 2x2 Pixel betrachtet. Der durchschnittliche Chrominanzwert dieser 2x2 Matrix wird ermittelt und dem linken oberen Pixel zugeordnet. Man nennt dieses Verfahren *2h2v* Reduktion.

2.1.3 8 x 8 Aufteilung

Das Bild wird in Felder von je 8 X 8 Pixeln aufgeteilt.

2.1.4 DCT - Discrete Cosinus Transformation

Die Diskrete Cosinus Funktion betrachtet die Werte der Pixel als Welle. Laut Fourier kann man sich einer Welle mit einer unendlichen Anzahl von Sinus (oder Cosinus) Wellen genau annähern. Die DCT findet Koeffizienten für jede der 8 x 8 Wellen. Die Wellen nehmen dabei von links oben nach rechts unten zu.

$$F(u, v) = k(u, v) \sum_{i=0}^7 \sum_{j=0}^7 \cos \frac{(2i+1) \cdot u\pi}{16} \cdot \cos \frac{(2j+1) \cdot v\pi}{16} \cdot f(i, j)$$

2.1.5 Quantisierung

Bei der Quantisierung werden die Werte durch eine *Qualitätsmatrix* geteilt. Dabei entstehen kleinere Integer Werte, die leichter zu speichern sind. Die Qualitätsmatrix bestimmt die Qualität und die Grösse des *JPEG* Files.

$$F^Q(u, v) = \text{Integer Round} \left(\frac{F(u, v)}{Q(u, v)} \right)$$

2.1.6 Zick Zack

Bei der Speicherung werden die Werte in *Zick Zack* Reihenfolge gespeichert. Diese bietet sich an, weil die rechten unteren Werte vernachlässigt werden können und sich so Speicherplatz einsparen lässt.

2.1.7 Differential Impulse Code Modulation

Der erste Koeffizient gibt immer den Durchschnittswert jeder Matrix an. Dieser ändert sich von Block zu Block nur wenig, deshalb wird jeweils der erste Koeffizient jeder Matrix in einem getrennten Datenstrom gespeichert, wobei nur die Änderung gespeichert wird.

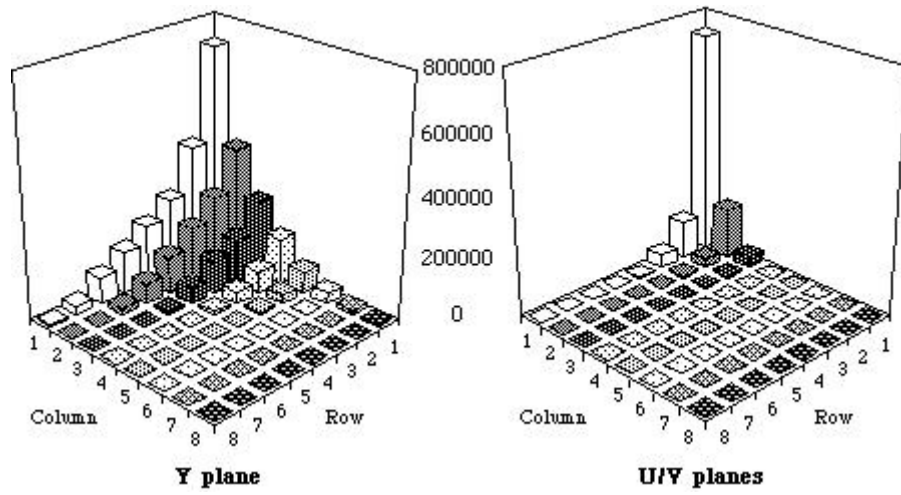


Abbildung 4: Koeffizientenmatrix nach Quantisierung

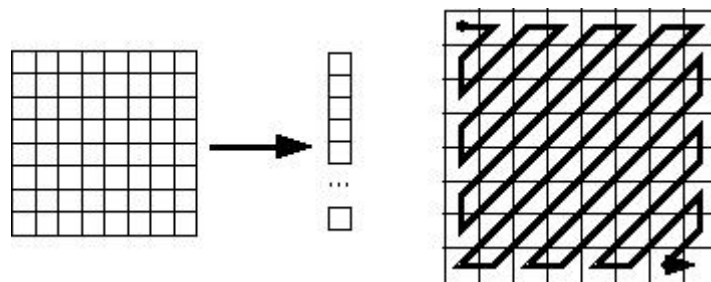


Abbildung 5: Zick Zack Reihenfolge beim Speichern

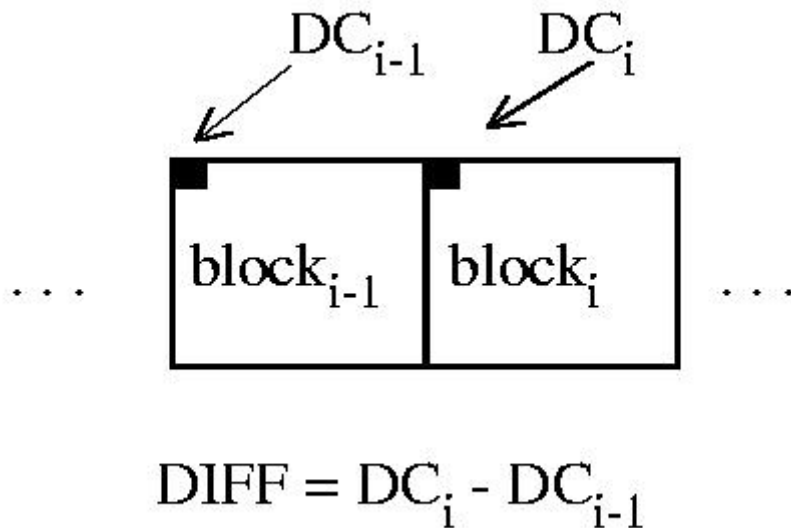


Abbildung 6: Speicherung der ersten Koeffizienten

2.1.8 Runlength Encoding

Dabei werden angrenzende Felder mit gleichem Inhalt ersetzt durch zwei Symbole:

- Die Anzahl der sich wiederholenden Zeichen, und deren Länge
- Das sich wiederholende Zeichen

2.1.9 Huffman Encoding

Die nach der Runlength Enkodierung entstandene Folge von Symbolen wird mit der Huffman Enkodierung weiter komprimiert. Hierbei werden häufig benutzte Zeichen durch kürzere Symbole ersetzt.

3 Anwendungsgebiete

4 Weiterentwicklung

4.1 JPEG 2000

JPEG2000 wird in vier Formaten eingeführt:

- Part 1: JP2 - der Standard JPEG2000
- Part 2: JPX - JPEG2000 Extended
- Part 3: MJ2 - Motion JPEG2000

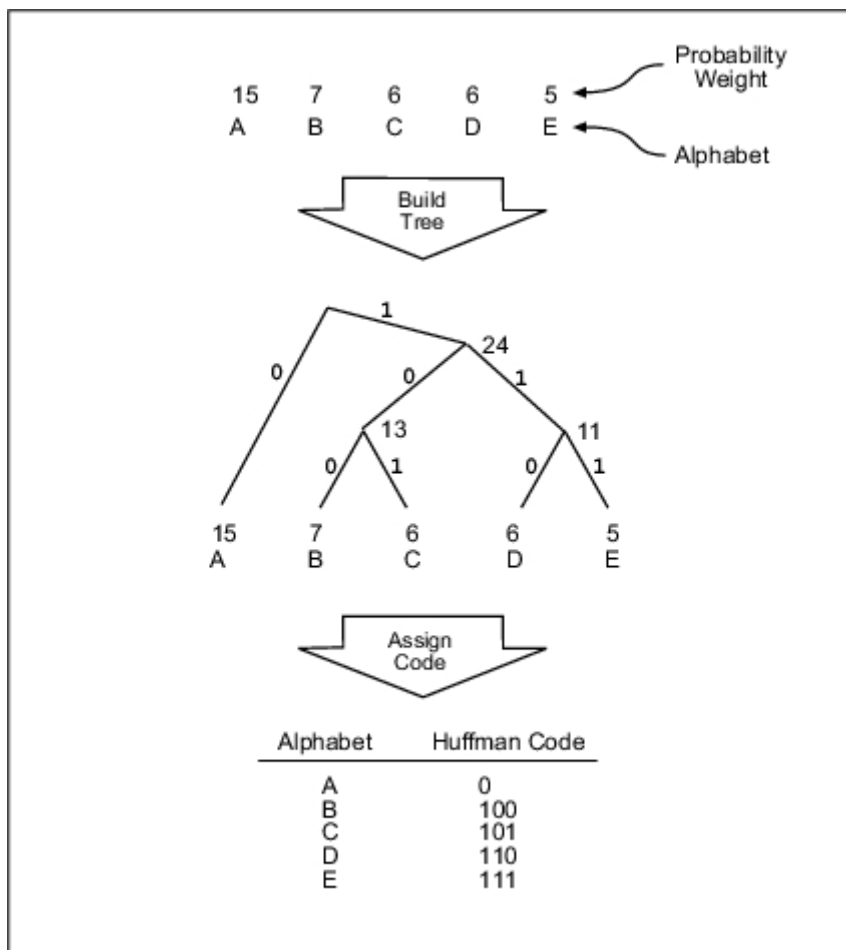


Abbildung 7: Bsp. Huffmann Enkodierung

- Part 6: JPM - JPEG2000 for mixed raster content, die Kompression für Dokumente.

Part 1 ist am 2. Januar 2001 als internationaler Standard verabschiedet worden. Bezüglich Part 4, Part 5 und Part 6 besteht noch keine Einigkeit.

Mit den groben Mängeln von JPEG ist mit dem JPEG 2000 Bildformat Schluss. Es bietet um 30 Prozent höhere Kompressionsraten, so dass die blockförmigen Artefakte nun der Vergangenheit angehören. Durch die neu eingesetzte Wavelet-Kompression erscheinen die Bilder bei zu hohen Kompressionsraten lediglich schwammig oder verwischt. Bei dem neuen Format wurde auf hohe objektive und quantitative Bildqualität besonders Wert gelegt.