

Antrittsvorlesung

„Seh' ich schlecht oder ist der Rasen verschwommen?“

Wie man Videoqualität bei Live-Übertragungen misst

Andreas Unterweger
FH Salzburg

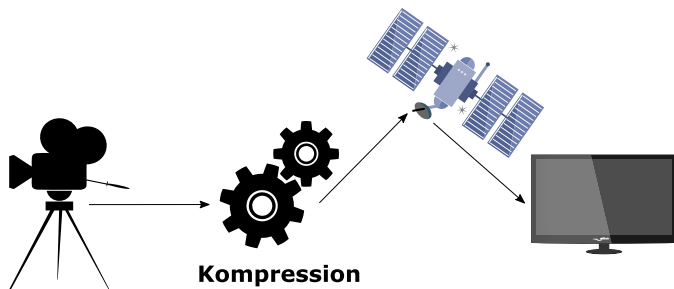
8. Februar 2017





Warum ist die Bildqualität nicht immer perfekt?

- Qualität ist subjektiv
- Übliche Kompressionsverfahren verringern Bildqualität
- Effiziente Kompression kostet Zeit
- Live-Übertragungen sind zeitkritisch



Warum komprimieren?

- Übertragungskapazität ist teuer und beschränkt
 - DVB-S2: Größenordnung 100 bis 1.000 kbit pro Bild
 - IPTV (DSL): Größenordnung 100 kbit pro Bild
- Rechenbeispiel: Rohdaten von einsekündiger 4K-HDR-Übertragung



Ultra HD 4K LED TV
43 Zoll, WebOS 3.0, Ultra Surround,
HDR Pro



Artikelnummer: 

★★★★★ Bewertungen (15)

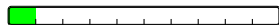
Produkt bewerten und bis zu 300€ gewinnen



Quelle: Onlineshop eines großen Elektrofachhändlers (31.1.2017)



Niedrig: ca. 10 kbit pro Bild (Full HD, H.264)





Mittel: ca. 50 kbit pro Bild (Full HD, H.264)





Hoch: ca. 200 kbit pro Bild (Full HD, H.264)





Verlustlos: ca. 10.000 kbit pro Bild (Kfg. w.o.)



Welche Qualität wählen?

- Mittlere Qualität nicht immer ausreichend
- Hohe Qualität oft zu groß für die Übertragung
- Starke Größenschwankungen je nach Bildmaterial

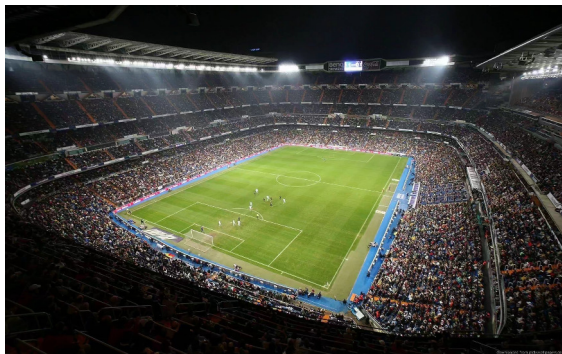


Mittel: ca. 50 kbit pro Bild



Welche Qualität wählen?

- Mittlere Qualität nicht immer ausreichend
- Hohe Qualität oft zu groß für die Übertragung
- Starke Größenschwankungen je nach Bildmaterial



Mittel: ca. 100 kbit pro Bild



Kann der Mensch unterstützen?

- Live-Übertragungen sind zeitkritisch
- Menschen reagieren nicht schnell genug
- Was tun, wenn zu niedrige Qualität bemerkt wird?



- **Qualität** automatisch (mit-)messen
 - Bei Bedarf Anpassungen vornehmen
- Aber wie Qualität messen?
- Menschliche Qualitätswahrnehmung nachbilden
 - So schnell wie möglich messen
- Kompromiss mit Vereinfachungen

- Mensch ist sehr empfindlich auf Helligkeitsdiskrepanzen, aber wenig empfindlich auf Farbdiskrepanzen (van den Branden Lambrecht)
- Nur Helligkeit bei Messung berücksichtigen



Erste Vereinfachung

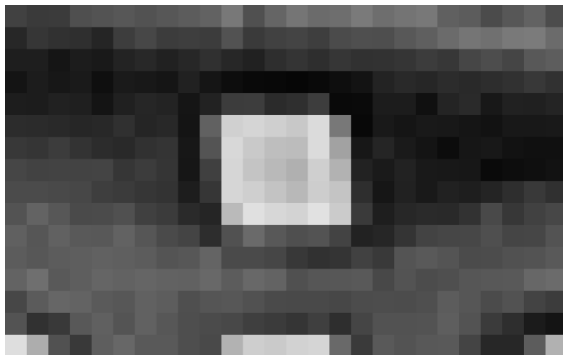
- Mensch ist sehr empfindlich auf Helligkeitsdiskrepanzen, aber wenig empfindlich auf Farbdiskrepanzen (van den Branden Lambrecht)
- Nur Helligkeit bei Messung berücksichtigen



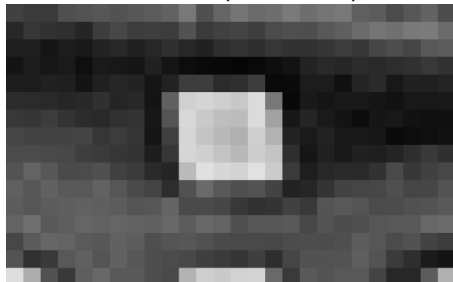
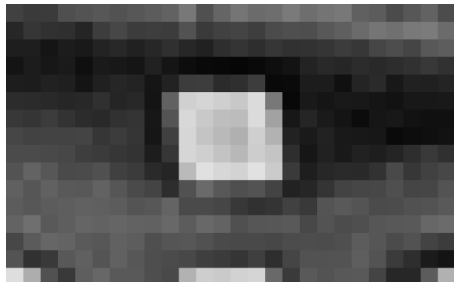
- Mensch ist sehr empfindlich auf Helligkeitsdiskrepanzen, aber wenig empfindlich auf Farbdiskrepanzen (van den Branden Lambrecht)
- Nur Helligkeit bei Messung berücksichtigen



- Mensch ist sehr empfindlich auf Helligkeitsdiskrepanzen, aber wenig empfindlich auf Farbdiskrepanzen (van den Branden Lambrecht)
- Nur Helligkeit bei Messung berücksichtigen

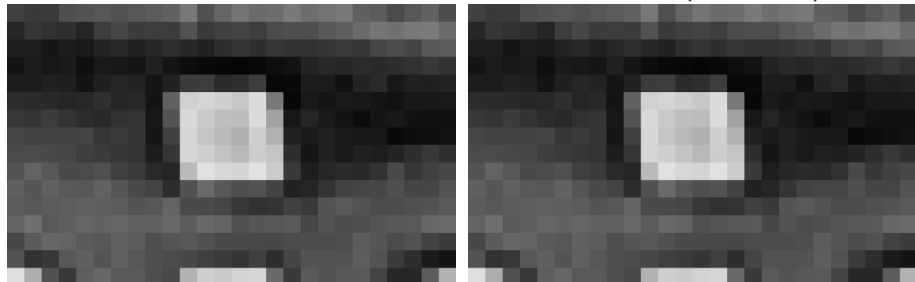


Vor der Kompression vs. nach der Kompression (verlustfrei)



- Pixelvergleich:

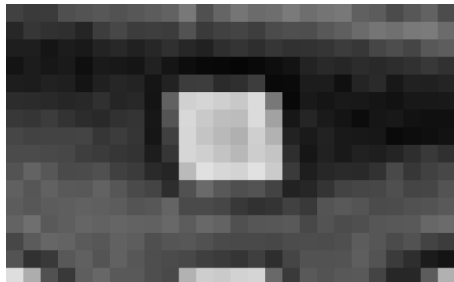
Vor der Kompression vs. nach der Kompression (verlustfrei)



- Pixelvergleich:

1. Identische Pixel (Differenz 0) → Gute Qualität

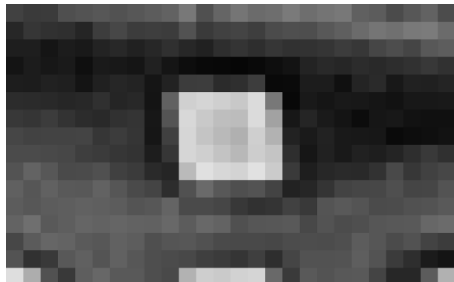
Vor der Kompression vs. nach der Kompression (mittel)



- Pixelvergleich:

1. Identische Pixel (Differenz 0) → Gute Qualität
2. Abweichende Pixel (Differenz nicht 0) → Keine gute Qualität

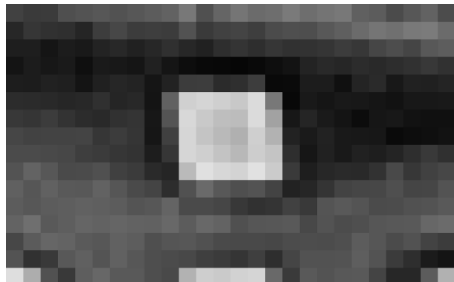
Vor der Kompression vs. nach der Kompression (niedrig)



- Pixelvergleich:

1. Identische Pixel (Differenz 0) → Gute Qualität
2. Abweichende Pixel (Differenz nicht 0) → Keine gute Qualität
3. Größere Abweichung (egal in welche Richtung) → Schlechtere Qualität

Vor der Kompression vs. nach der Kompression (niedrig)



- Pixelvergleich:

1. Identische Pixel (Differenz 0) → Gute Qualität
2. Abweichende Pixel (Differenz nicht 0) → Keine gute Qualität
3. Größere Abweichung (egal in welche Richtung) → Schlechtere Qualität
4. Mehr Pixel weichen ab → Schlechtere Qualität

- Pixelvergleich:
 1. Identische Pixel (Differenz 0) → Gute Qualität
 2. Abweichende Pixel (Differenz nicht 0) → Keine gute Qualität
 3. Größere Abweichung (egal in welche Richtung) → Schlechtere Qualität
 4. Mehr Pixel weichen ab → Schlechtere Qualität

Differenz = Helligkeit **v**orher minus Helligkeit **n**achher

- Pixelvergleich:

- ✓ Identische Pixel (Differenz 0) → Gute Qualität
- ✓ Abweichende Pixel (Differenz nicht 0) → Keine gute Qualität
- 3. Größere Abweichung (egal in welche Richtung) → Schlechtere Qualität
- 4. Mehr Pixel weichen ab → Schlechtere Qualität

$$D = V - N$$

- Pixelvergleich:

- ✓ Identische Pixel (Differenz 0) → Gute Qualität
- ✓ Abweichende Pixel (Differenz nicht 0) → Keine gute Qualität
- ✓ Größere Abweichung (egal in welche Richtung) → Schlechtere Qualität
- 4. Mehr Pixel weichen ab → Schlechtere Qualität

$$AD = |V - N|$$

- Pixelvergleich:

- ✓ Identische Pixel (Differenz 0) → Gute Qualität
- ✓ Abweichende Pixel (Differenz nicht 0) → Keine gute Qualität
- ✓ Größere Abweichung (egal in welche Richtung) → Schlechtere Qualität
- ✓ Mehr Pixel weichen ab → Schlechtere Qualität

$$SAD = \sum_{zeile=1}^H \sum_{spalte=1}^B |V_{zeile,spalte} - N_{zeile,spalte}|$$



Verlustlos: SAD = 0



Hoch: SAD = 6.434.086



Niedrig: SAD = 13.872.684



Mittel: SAD = 9.467.572



Problemfall: SAD =



Problemfall: SAD = 9.469.331

- Pixelvergleich:

- ✓ Identische Pixel (Differenz 0) → Gute Qualität
- ✓ Abweichende Pixel (Differenz nicht 0) → Keine gute Qualität
- ⚡ Größere Abweichung (Richtung egal) → schlechtere Qualität
- ✓ Mehr Pixel weichen ab → Schlechtere Qualität

$$SAD = \sum_{zeile=1}^H \sum_{spalte=1}^B |V_{zeile,spalte} - N_{zeile,spalte}|$$

- Pixelvergleich:

- ✓ Identische Pixel (Differenz 0) → Gute Qualität
- ✓ Abweichende Pixel (Differenz nicht 0) → Keine gute Qualität
- ✓ Größere Abweichung (Richtung egal) → **Viel** schlechtere Qualität
- ✓ Mehr Pixel weichen ab → Schlechtere Qualität

$$SSD = \sum_{zeile=1}^H \sum_{spalte=1}^B (V_{zeile,spalte} - N_{zeile,spalte})^2$$



Verlustlos: $SSD = 0$



Hoch: SSD = 41.835.910



Niedrig: SSD = 276.172.024



Mittel: SSD = 118.110.268



Ehemaliger Problemfall: SSD = 148.554.753

- Werte sind unpraktikabel groß
- Durch Bildgröße (Anzahl Pixel) dividieren
- Maß für Durchschnittsfehler pro Pixel

$$SSD = \sum_{zeile=1}^H \sum_{spalte=1}^B (V_{zeile,spalte} - N_{zeile,spalte})^2$$

- Werte sind unpraktikabel groß
- Durch Bildgröße (Anzahl Pixel) dividieren
- Maß für Durchschnittsfehler pro Pixel

$$MSE = \frac{1}{B \cdot H} \sum_{zeile=1}^H \sum_{spalte=1}^B (V_{zeile,spalte} - N_{zeile,spalte})^2$$



Verlustlos: $MSE = 0$



Hoch: MSE = 23,72



Niedrig: MSE = 156,56



Mittel: MSE = 66,96



Ehemaliger Problemfall: $MSE = 84,21$

- Werte laufen in die falsche Richtung → invertieren
 - Niedriger MSE deutet hohe Qualität an
 - Hoher MSE deutet niedrige Qualität an
- Möglicher Wertebereich ist sehr groß → skalieren und logarithmieren

$$PSNR = 20 \cdot \log\left(\frac{MSE_{max}}{MSE}\right)$$

- Werte laufen in die falsche Richtung → invertieren
 - Niedriger MSE deutet hohe Qualität an
 - Hoher MSE deutet niedrige Qualität an
- Möglicher Wertebereich ist sehr groß → skalieren und logarithmieren

$$PSNR = 20 \cdot \log \left(\frac{255^2 \cdot B \cdot H}{\sum_{zeile=1}^H \sum_{spalte=1}^B (V_{zeile,spalte} - N_{zeile,spalte})^2} \right)$$



Verlustlos: PSNR > 50 dB





Hoch: PSNR = 34.38 dB





Niedrig: PSNR = 26.18 dB





Mittel: MSE = 29.87 dB

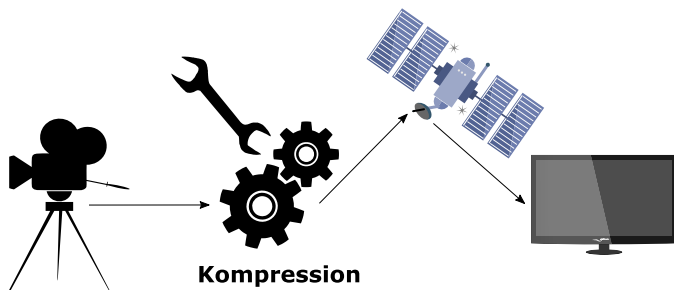




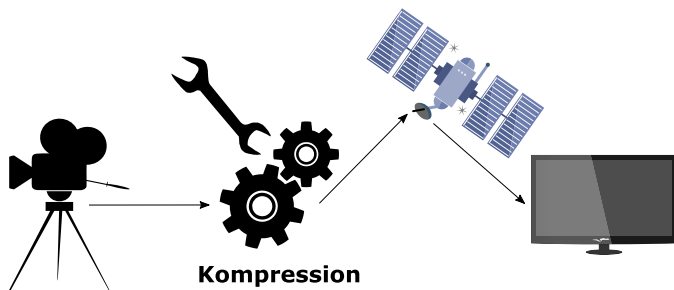
Ehemaliger Problemfall: PSNR = 28.88 dB



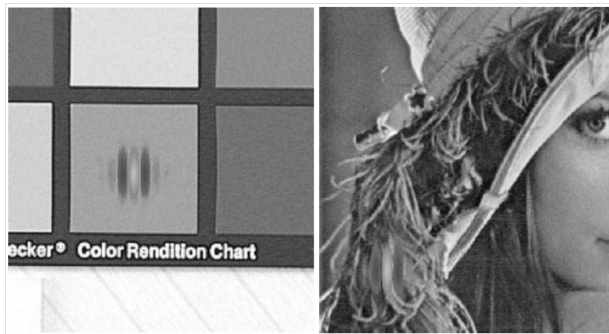
- PSNR misst Bildqualität (Skala: dB, praktisch ca. 10-50)
 - Schnell
 - Automatisch (ohne menschliches Zutun)
- Ermöglicht **Live**-Anpassung bei Kompression
- Qualitätsoptimierung für Übertragung



- PSNR misst Bildqualität (Skala: dB, praktisch ca. 10-50)
 - Schnell, **aber nur Vereinfachung**
 - Automatisch (ohne menschliches Zutun)
- Ermöglicht **Live**-Anpassung bei Kompression
- Qualitätsoptimierung für Übertragung



- PSNR ist nur eine Vereinfachung (berücksichtigt Vieles nicht)
- Stimmt nicht immer mit Wahrnehmung überein
- Alternativen: z.B. SSIM (Wang et al.) und LEG (Hofbauer & Uhl)



Bildquelle: Nadenau, M.: Integration of Human Color Vision Models into High Quality Image Compression. Doktorarbeit, Ecole Polytechnique Federale de Lausanne, 2000.

Fragen?

- Christian J. van den Branden Lambrecht: *Vision Models and Applications to Image and Video Processing*. Dordrecht: Springer Science+Business Media, 2001. doi 10.1007/978-1-4757-3411-9.
- Zhou Wang, Alan C. Bovik, Hamid R. Sheikh und Eero P. Simoncelli, *Image Quality Assessment: From Error Visibility to Structural Similarity*, in IEEE Transactions on Image Processing, Bd. 13, Nr. 4, S. 600-612, April 2004. doi: 10.1109/TIP.2003.819861.
- Heinz Hofbauer und Andreas Uhl, *An Effective and Efficient Visual Quality Index based on Local Edge Gradients*, 3rd European Workshop on Visual Information Processing (EUVIP 2011), Paris, 2011, S. 162-167. doi: 10.1109/EuVIP.2011.6045514.

- <http://cdn.wall-pix.net/albums/sports/00005379.jpg>
- <http://wallpaper.pickywallpapers.com/1680x1050/santiago-bernabeu-stadium.jpg>
- http://www.live-production.tv/sites/default/files/styles/article_main_image_706/public/38_Quality_Control_Room_01_1.JPG?itok=UqG7Fey4