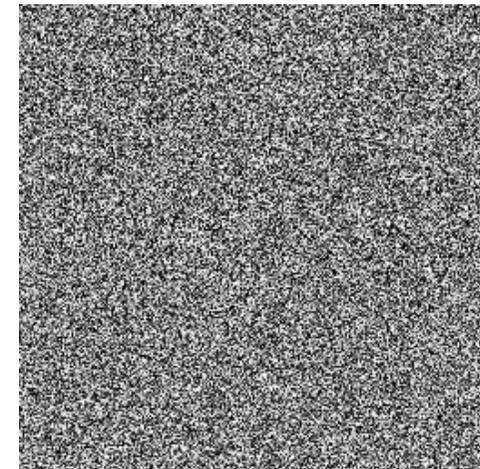


# Entropie

□ Die **Entropie** ist ein theoretisches Maß für den "Informationsgehalt" eines Bildes:

- Hohe Entropie bedeutet, dass der Bildinhalt in hohem Maße "unberechenbar" ist bzw. **viel "Zufälligkeit"** enthält  
⇒ das Bild hat wenig Redundanz.



- Niedrige Entropie bedeutet, dass der Bildinhalt in hohem Maße "berechenbar" ist bzw. **wenig "Zufälligkeit"** enthält  
⇒ das Bild hat hohe Redundanz.



□ Entropie wird in "Bit" angegeben.  
Die maximale Entropie eines Bildes entspricht der Summe des Speicherplatzes für alle Pixelwerte der Bildmatrix.  
Die Entropie eines homogenen Bildes (alle Pixel haben den gleichen Farbwert) ist Null.

# Entropie-Definition für Grauwertbilder

Mittlere Anzahl von Bits pro Pixel, die für die verlustfreie Codierung eines Bildes notwendig sind:

$$\text{Entropie} = - \sum_{i=0}^{L-1} p_i \log_2(p_i)$$

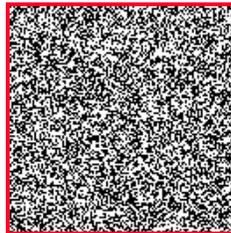
$$\log_2(x) = \frac{1}{\ln 2} \cdot \ln x = 1,4427 \cdot \ln x$$

$$p_i = \frac{\text{Anzahl der Pixel mit Grauwert } i}{\text{Gesamtanzahl der Pixel des Bildes}}$$

$L$  = Anzahl der Graustufen des Bildes

## □ Beispiel 1:

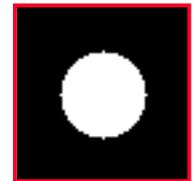
- Ein Binärbild ( $L=2$ ) habe gleich viele schwarze und weiße Pixel, d.h. Objektpixel und Hintergrundpixel sind gleichwahrscheinlich:  
 $p_0 = 1/2$  ,  $p_1 = 1/2$  .



$$\rightarrow \text{Entropie} = - \sum_{i=0}^{2-1} p_i \log_2(p_i) = - \left( \frac{1}{2} \log_2\left(\frac{1}{2}\right) + \frac{1}{2} \log_2\left(\frac{1}{2}\right) \right) = 1$$

## □ Beispiel 2:

- In einem Binärbild ( $L=2$ ) werden 80% der Pixel durch den Bildhintergrund belegt:  
 $p_0 = 0,8$  ,  $p_1 = 0,2$  .



$$\begin{aligned} \rightarrow \text{Entropie} &= - \sum_{i=0}^{2-1} p_i \log_2(p_i) \\ &= - (0,8 \cdot -0,322 + 0,2 \cdot -2,322) \\ &= 0,722 \end{aligned}$$

# Kriterien zur qualitativen Beurteilung von Kompressionsverfahren für Bilddaten

---

## □ Kompressionsrate

- Verhältnis der Originaldatenmenge zur Menge der komprimierten Daten (z.B. 10:1  $\Rightarrow$  Originaldatenmenge 10 mal größer als Menge der komprimierten Daten)

## □ Kompressions- und Dekompressionsaufwand

- Rechenaufwand und Art der benötigten Operationen
- Symmetrie (Verhältnis von Kompressions- zu Dekompressionsaufwand)

## □ Robustheit

- Verhalten des Verfahrens bei Fehlern in der komprimierten Datenmenge

## □ Spezialisierungsgrad (Adaptivität)

- Abhängigkeit vom Bildinhalt (z.B. Landschaftsbild, Werbegrafik, Textdokument) und von Bildeigenschaften (z.B. Anzahl der Farben)

## □ Konfigurierbarkeit

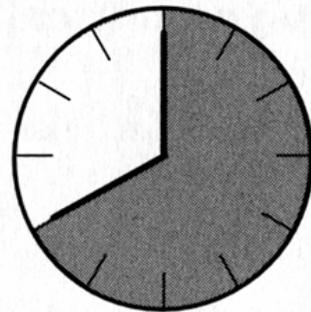
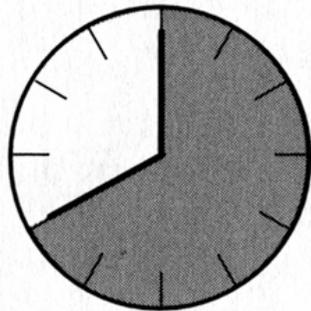
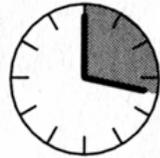
- Möglichkeit der anwendungsspezifischen Optimierung durch Wahl bestimmter Parameter in Hinblick auf Kompressionsrate, Bildqualität usw.

## □ Kodierung mehrerer Auflösungen (z.B. "Detail on Demand")

# Kompressionssymmetrie

## Aufwand bei Komprimierung und Dekomprimierung

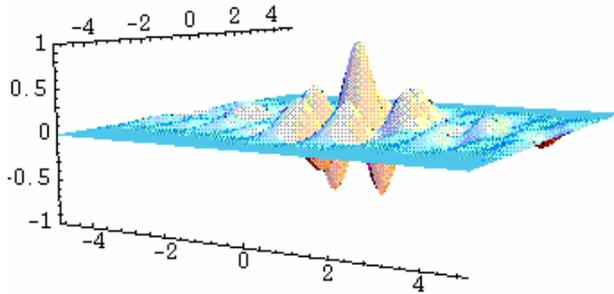
---



Kompressionsaufwand  
(z.B. benötigte Zeit)

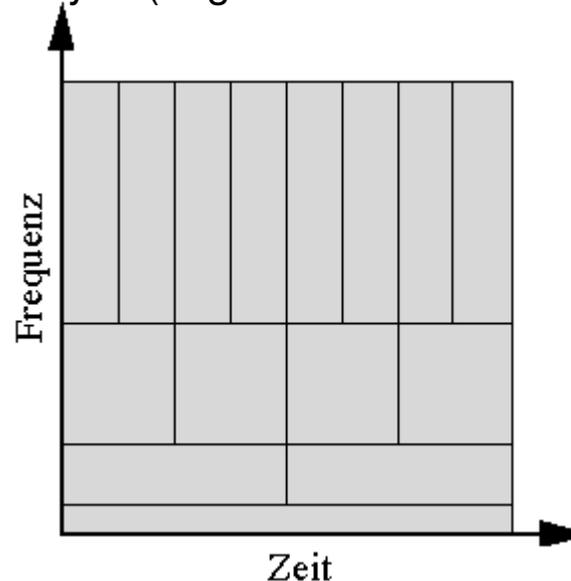
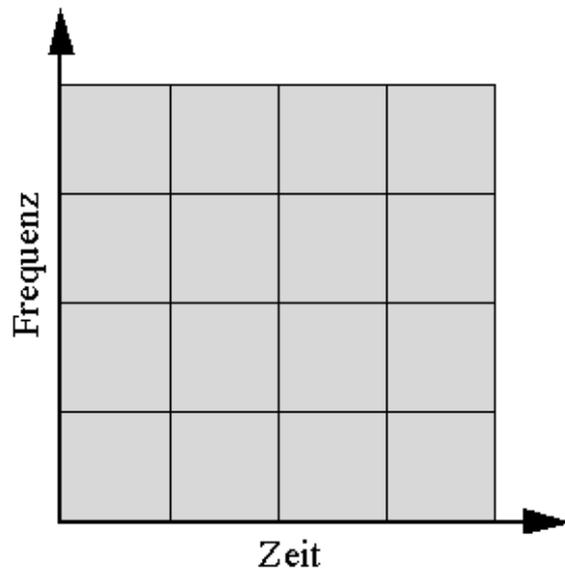
Dekompressions-  
aufwand

- Symmetrische Codierung
  - Kompression und Dekompression ist ungefähr gleich aufwendig
  
- Kompressions-Asymmetrische Codierung
  - Kompression benötigt wesentlich mehr Aufwand als Dekompression
  - typ. Anwendungen: komprimiertes Bild wird einmal erstellt und von vielen Benutzern verwendet (z.B. Webseiten)
  
- Dekompressions-Asymmetrische Codierung
  - Dekompression benötigt wesentlich mehr Aufwand als Kompression
  - typ. Anwendungen: komprimierte Bilder werden selten verwendet (z.B. Archivierung)



## Bildkompression mit Wavelets (1)

- **Wavelets** bieten einen alternativen Weg um ein komplexes Signal in eine Summe von Basisfunktionen zu zerlegen.
- Wavelets sind, im Gegensatz zu den Fourierfunktionen (Sinus, Cosinus), sowohl im Orts(Zeit) -Bereich als auch im Frequenzbereich **lokal**.
  - ➔ abrupte (steile) Grauwertänderungen können besser modelliert werden.
- Die Wavelet-Transformation wird schrittweise vollzogen: man versucht die darzustellende Funktion in immer "glattere" Versionen aufzuspalten, die mit dem Grad der Iteration immer weniger Informationen enthalten. Dieses Verfahren nennt man auch Multi-Skalen-Analyse (englisch: Multiresolution Analysis).



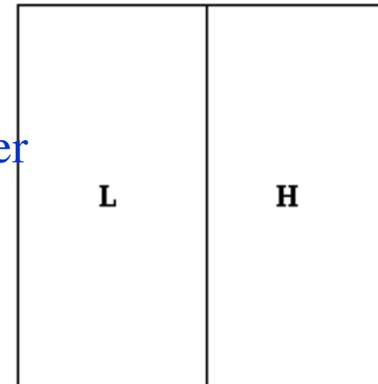
**Zeit-Frequenz-Auflösung bei der Fourier- bzw. der Wavelet-Transformation. Bei der FT (links) ist die zeitliche Auflösung aller Frequenzanteile gleich.**

# Bildkompression mit Wavelets (2)

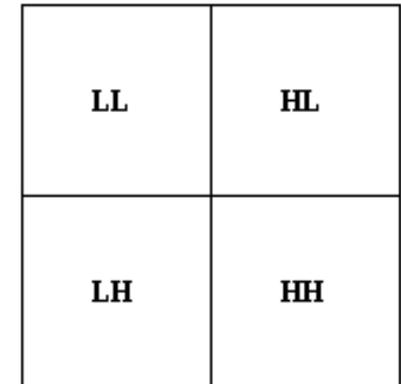


Die Wavelet-Transformation zerlegt das Originalbild in eine Bildversion mit sehr geringer Auflösung und in "Kantenbilder" mit höherer Auflösung bzw. mit Details für die Rekonstruktion.

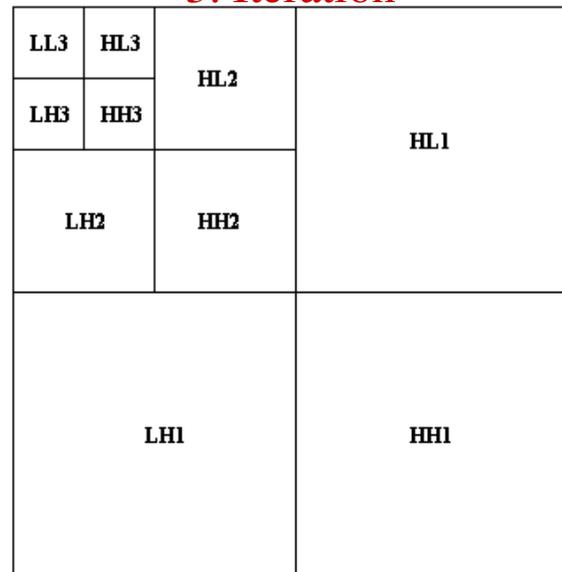
## 1. Iteration



## 2. Iteration



## 3. Iteration



## Zerlegungsschritte der Wavelet-Transformation:

Ein 1D Tiefpass- (L) und ein Hochpass-Filter (H) werden mit dem Bild horizontal gefaltet. Die dezimierten L- und H-Bilder werden dann vertikal mit den gleichen Funktionen gefaltet. Der selbe Algorithmus wird rekursiv auf das Tiefpass-Ergebnis (LL) angewandt.

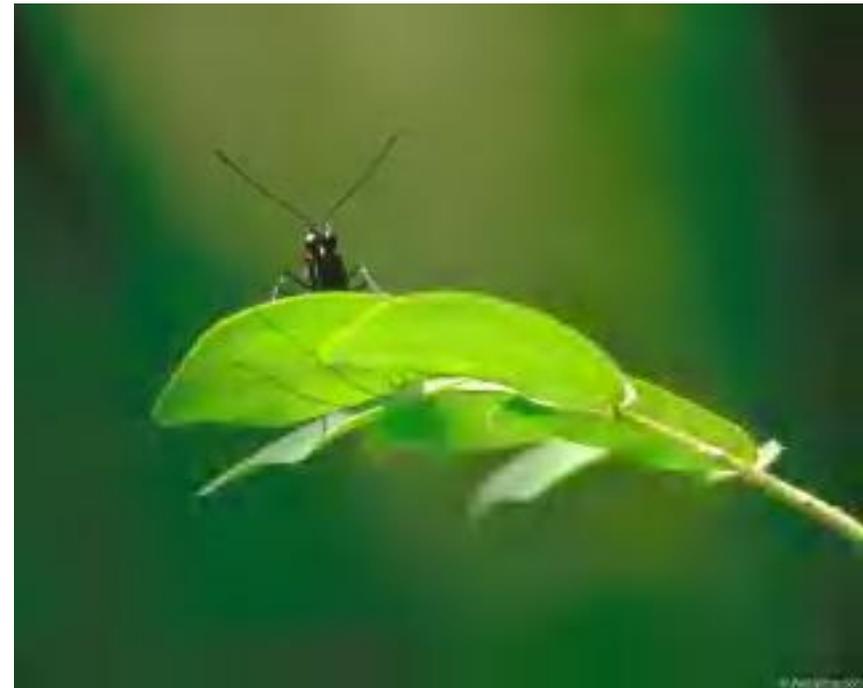
## Bildkompression mit Wavelets (3)

### Beispiel

---



bug.jpg, 2087 byte



bug.lwf, 2087 byte

Proprietäre Wavelet-Kompression mit LuraTech© , [www.luratech.com](http://www.luratech.com)