

Digital Audio

Medientyp digital audio representation

Abtastfrequenz /sampling frequency

Quantisierung (Bittiefe)

Anzahl der Kanäle/Spuren

Interleaving bei Mehrkanal

Positiv/negativ

Codierung

operations

Speicherung

Zugriff auf Sequenzen

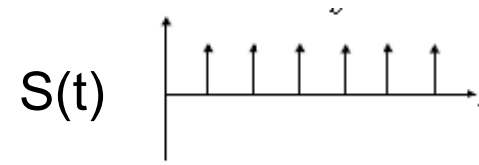
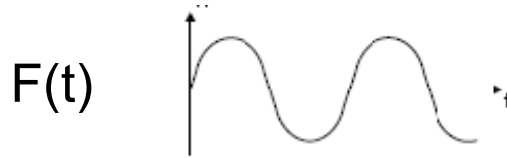
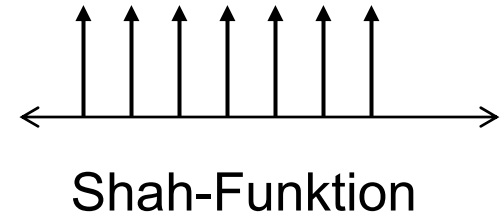
Editieren

Klangeffekte

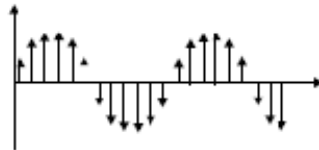
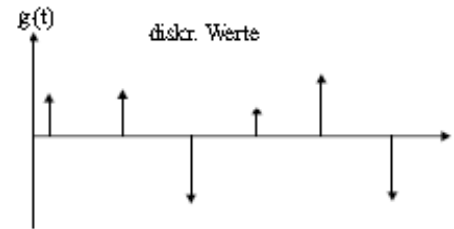
Konvertierung

Sampling

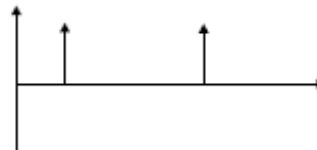
Signal in Intervallen abtasten
und digitalisieren



$$G(t) = F(t) * S(t)$$

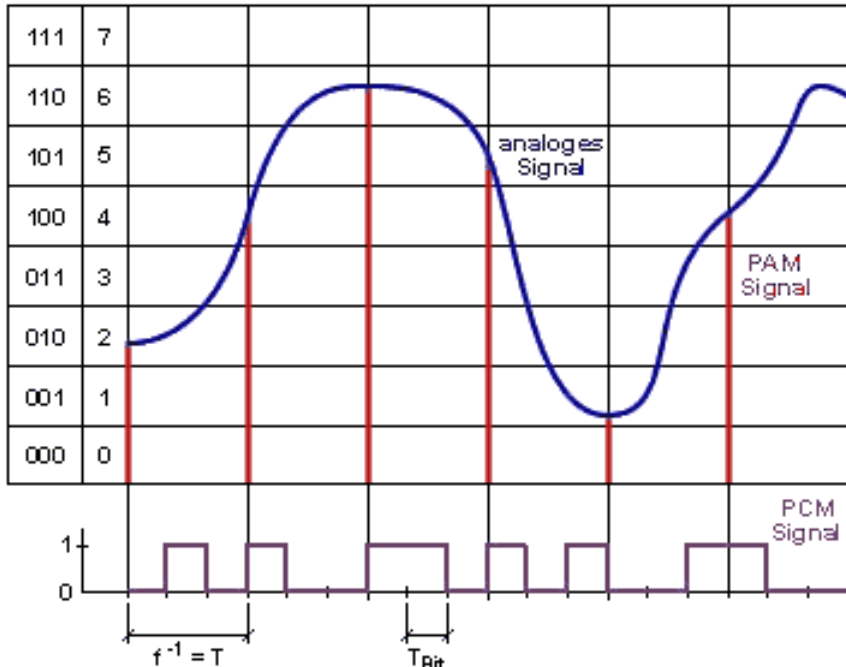


Hohe Abtastfrequenz

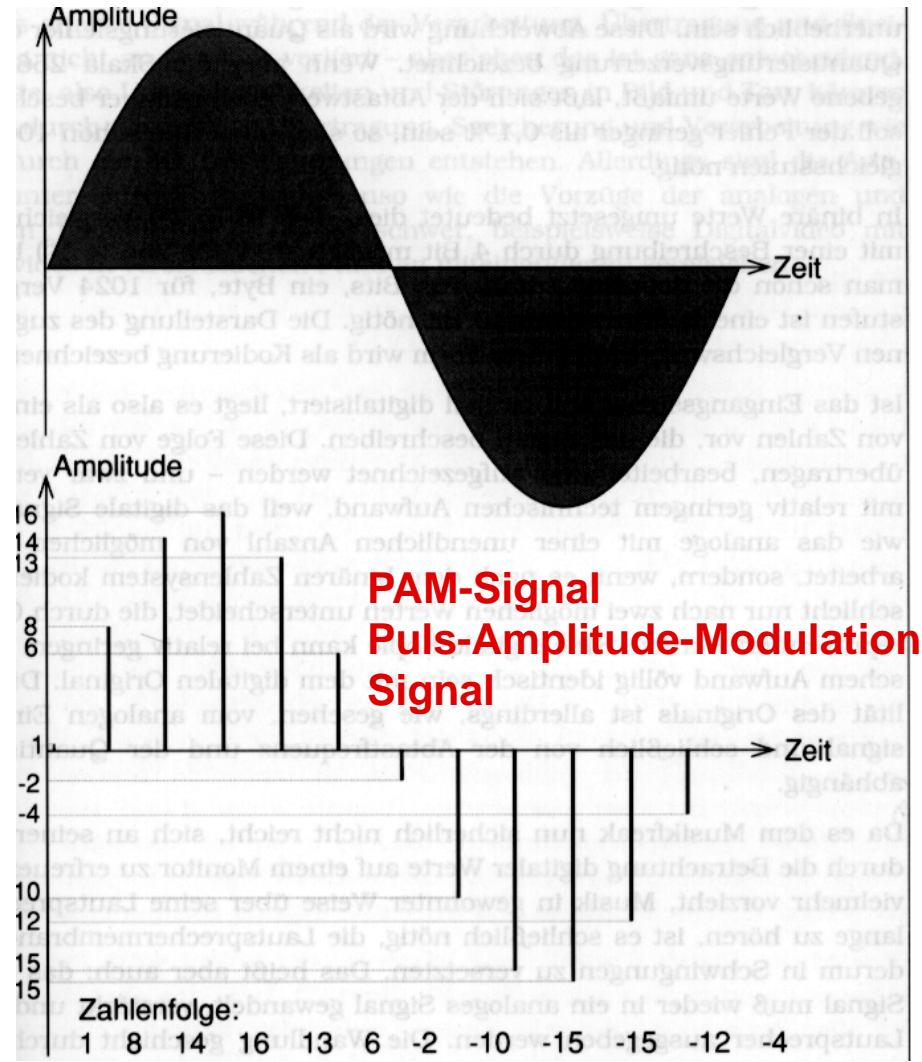


Niedrige Abtastfrequenz

PCM Puls Code Modulation



3-Bit-PCM-Signal



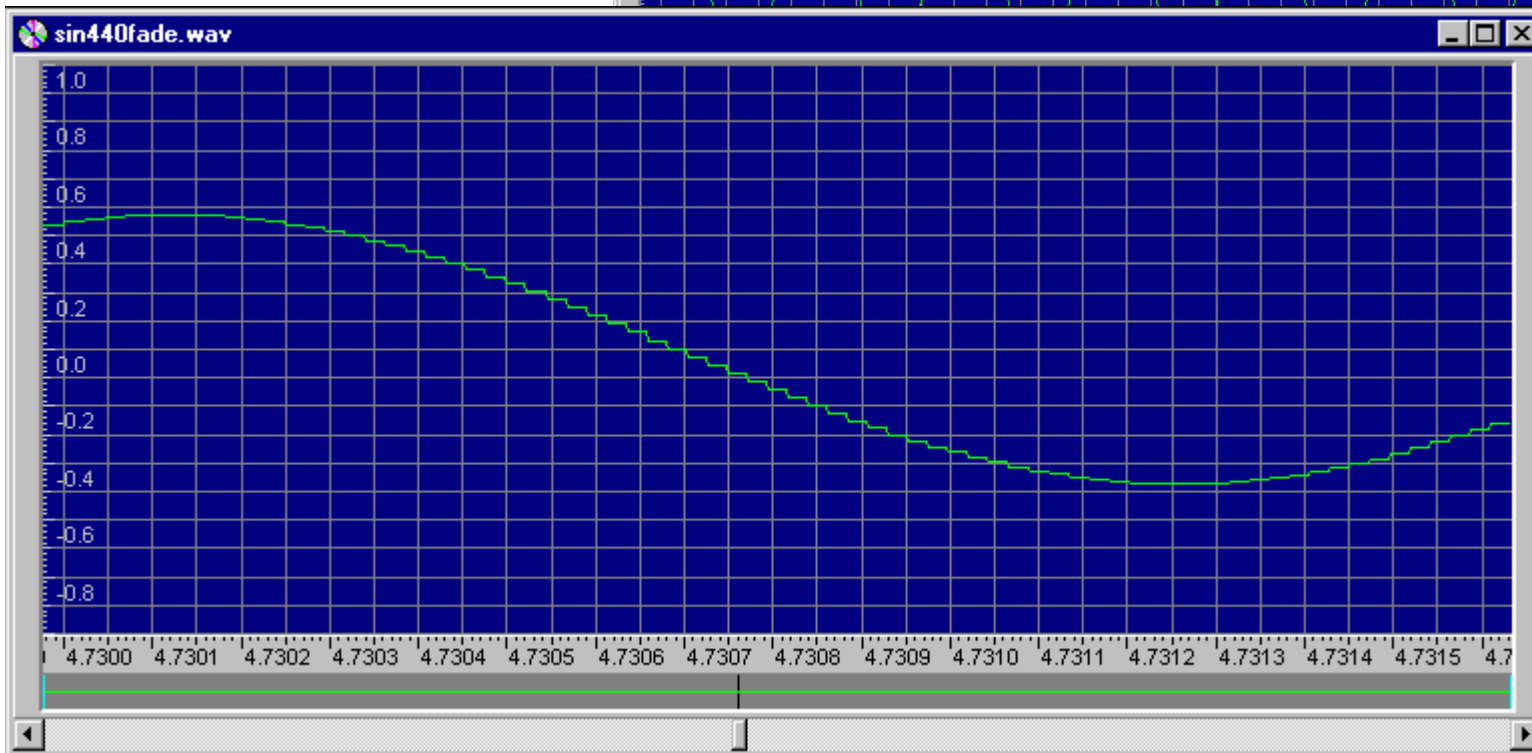
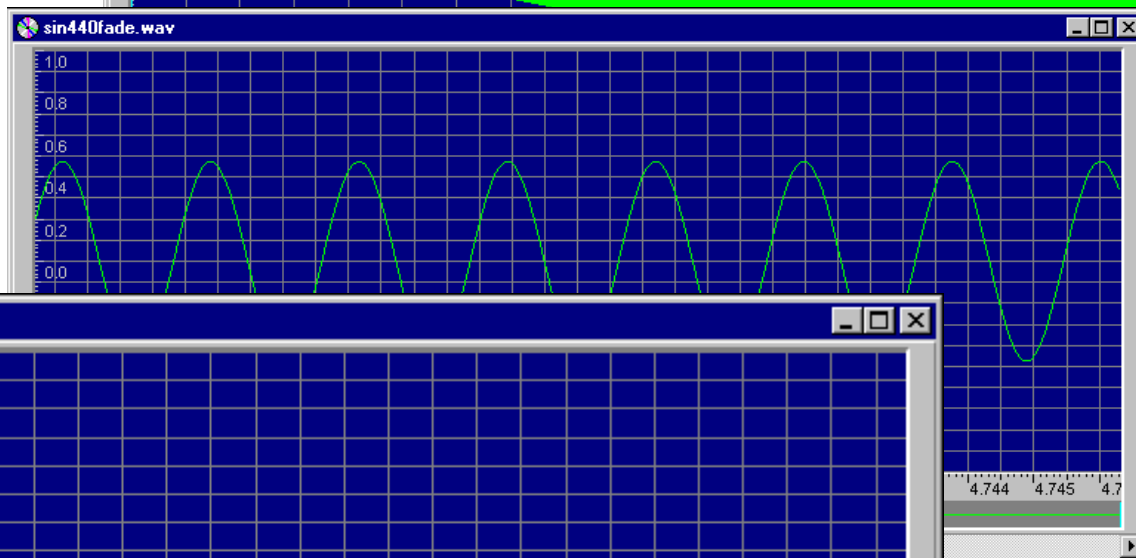
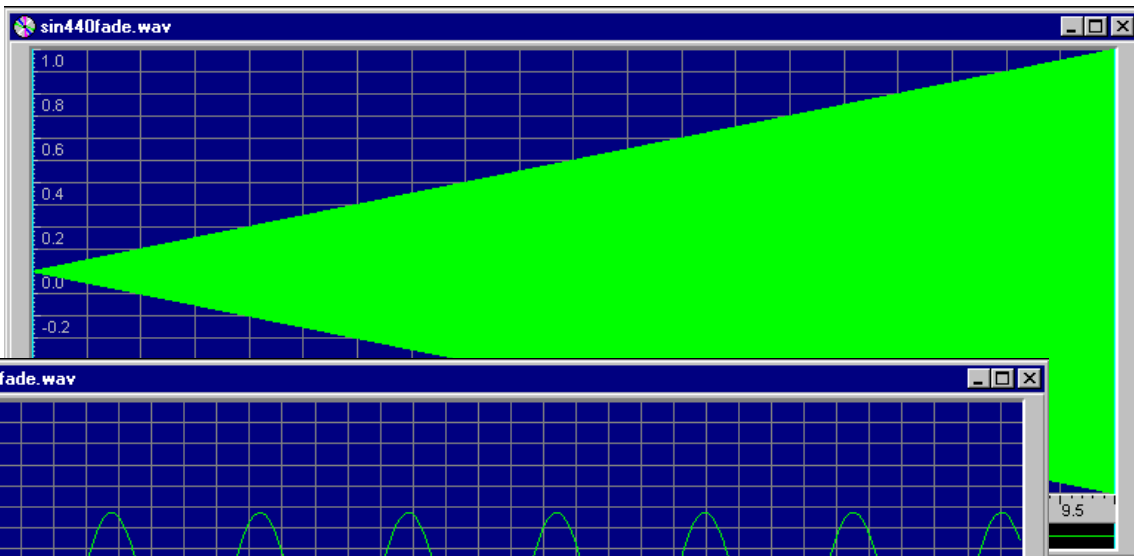
Speicherung als Folge diskreter Werte.

Sampling

440 Hz-Ton
fade in“

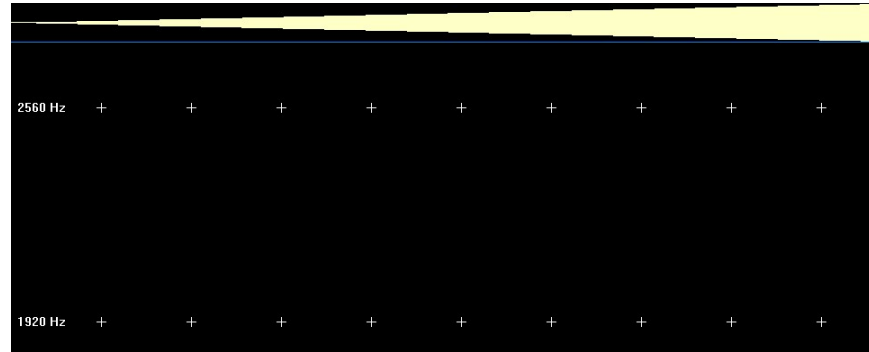
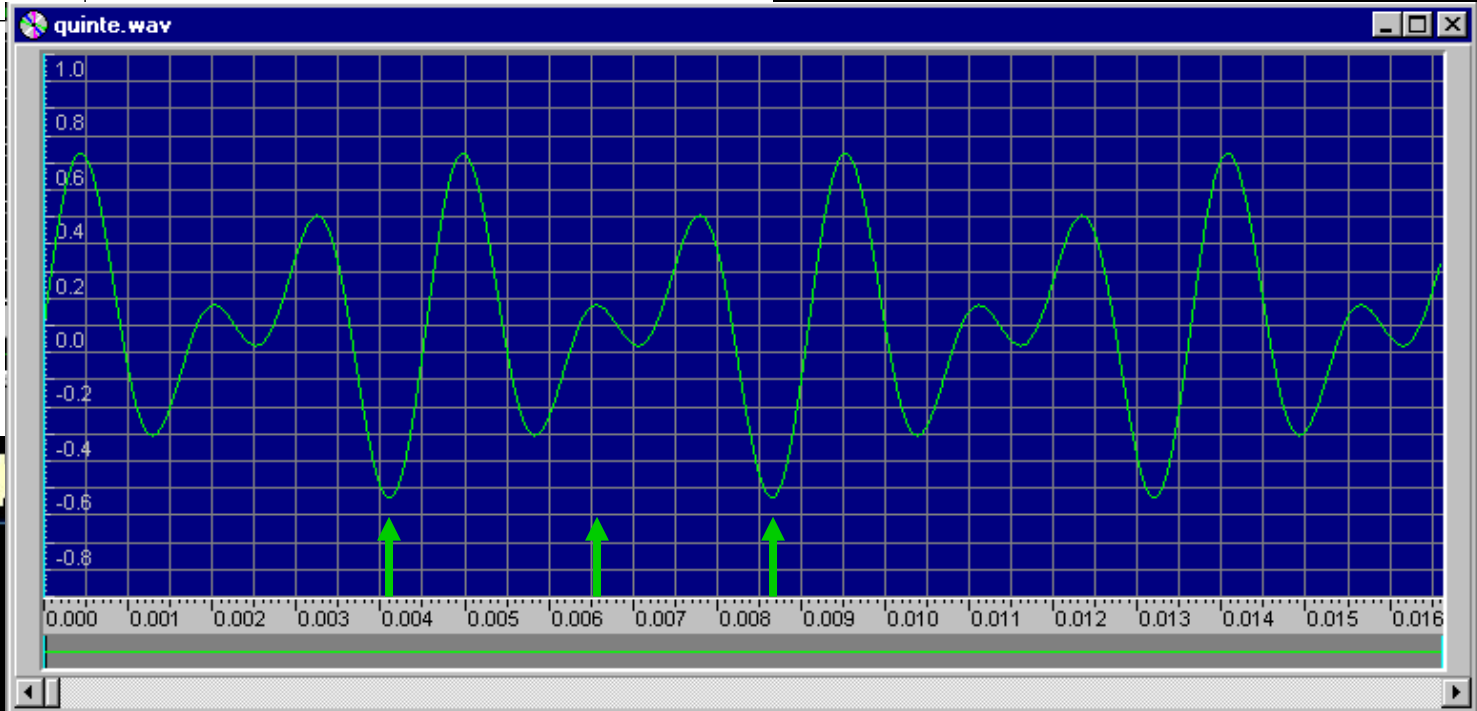


(.wav)



Sampling

Spektrum
berechnet mit
Fast Fourier



800 Hz

640 Hz

480 Hz

5 sec

6 sec

7 sec

8 sec

9 sec

8 sec 9 sec

Shannon-Nyquist Abtast-Theorem

Abtast-Theorem:

Ist f_{\max} die **höchste und** f_{\min} **die niedrigste vorkommende** Frequenz, so heißt $f_{\text{band}} = f_{\max} - f_{\min}$ die Bandbreite des Signals.

Es kann exakt rekonstruiert werden, wenn es mit mindestens der doppelten Frequenz der Bandbreite abgetastet wird.

(Shannon, Nyquist)

Anmerkung:

... wenn keine
Quantisierungsfehler
vorhanden sind !

■ Überabtastung

Höhere Abtastraten als sie nach Nyquist-Shannon notwendig sind, bringen mehr Daten, aber nicht mehr Information/ Qualität.

■ Unterabtastung

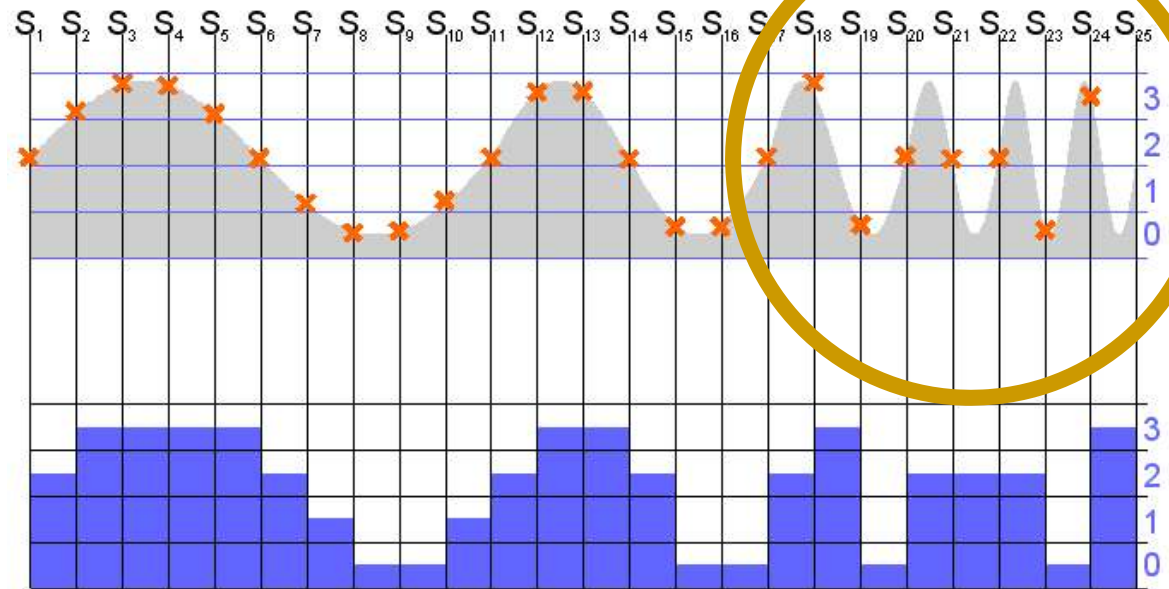
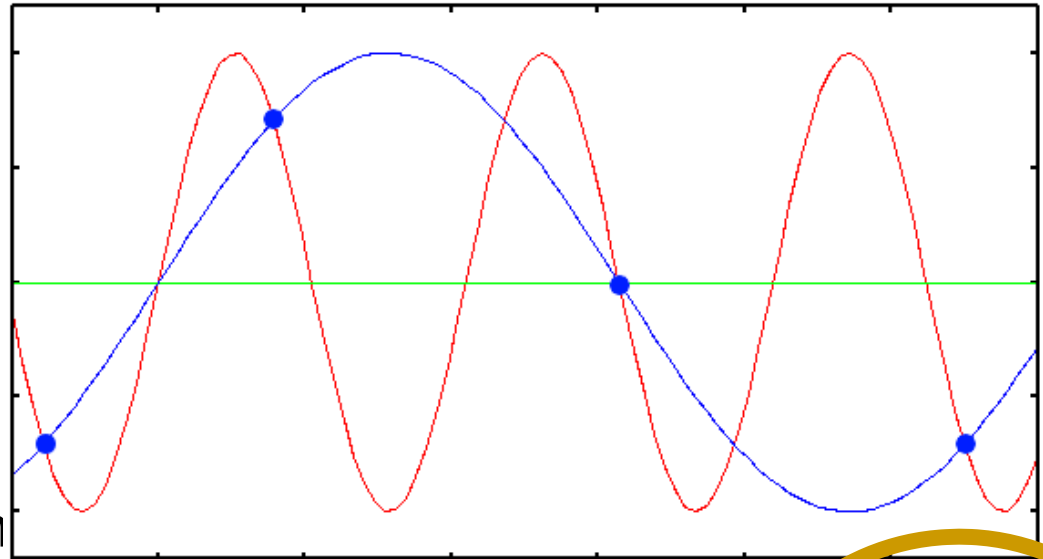
Niedrigere Abtastraten bringen falsche Informationen-

Shannon-Nyquist Abtast-Theorem

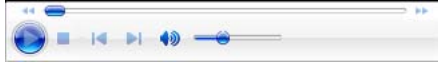
Medien-
Technik

Unterabtastung

Niedrigere Abtastraten
bringen falsche
Informationen-



Shannon-Nyquist Abtast-Theorem Unterabtastung



Beispiel 1: 100-8000 Hz
Samplingrate 16000Hz

Beispiel 2: 100-8000 Hz
Samplingrate 8000Hz

Das erste Beispiel gibt einen von 100 Hz bis etwa 8000Hz ansteigenden Ton wieder, der mit 16000Hz gesampelt wurde.

Shannon-Nyquist Abtast-Theorem

Unterabtastung

Medien-
Technik

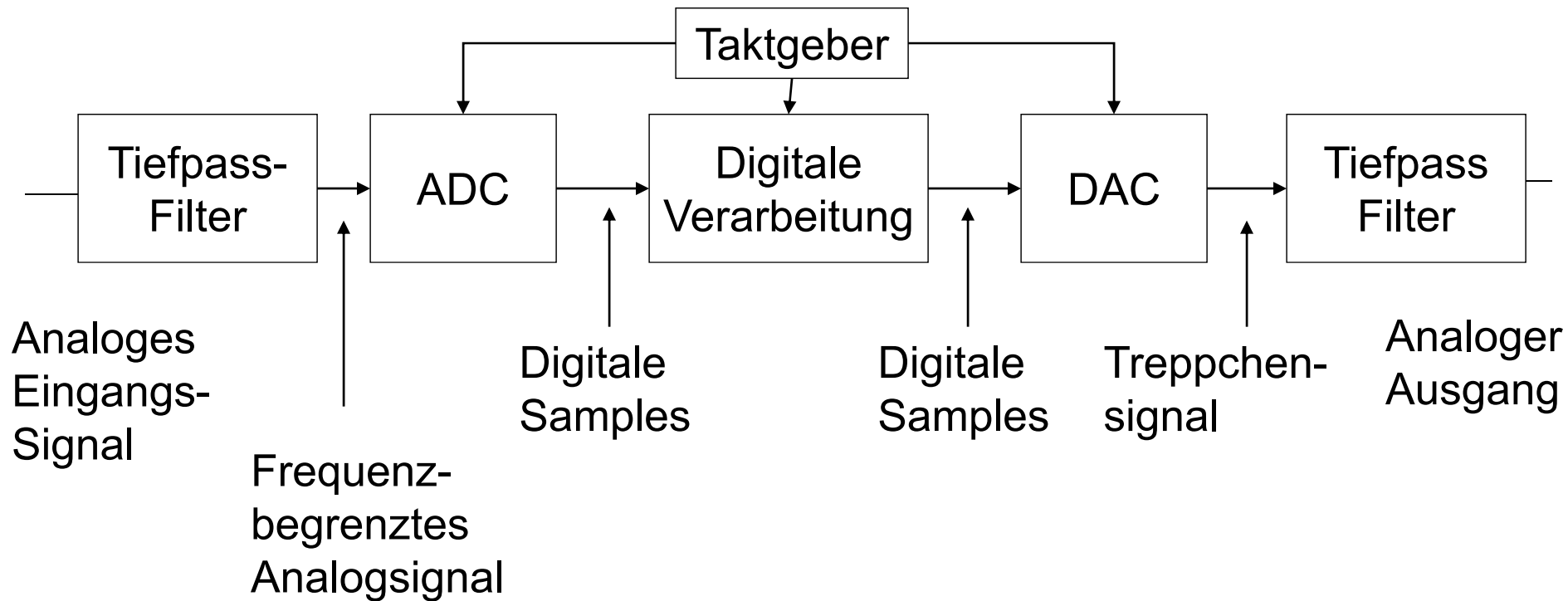
Beispiel 1: 100-8000 Hz
Samplingrate 16000Hz



Beispiel 2: 100-8000 Hz
Samplingrate 8000Hz

Das zweite Beispiel gibt fast das gleiche Signal wieder, diesmal mit 8000Hz abgetastet. Durch Unterabtastung werden Töne oberhalb von 4000Hz falsch ausgelesen mit dem Ergebnis, dass eine Tonhöhe aufgezeichnet wird, die abfällt, statt zu steigen.

Analog-Digital-Analog-Verarbeitungskette



Medien-
Technik

44,1 kHz Samplingfrequenz, 16 Bit Tiefe, Stereo

Medien-
Technik



The Beatles 1960-1970



George
Harrison



Paul
McCartney



John
Lennon



Ringo
Starr

Medien- Technik

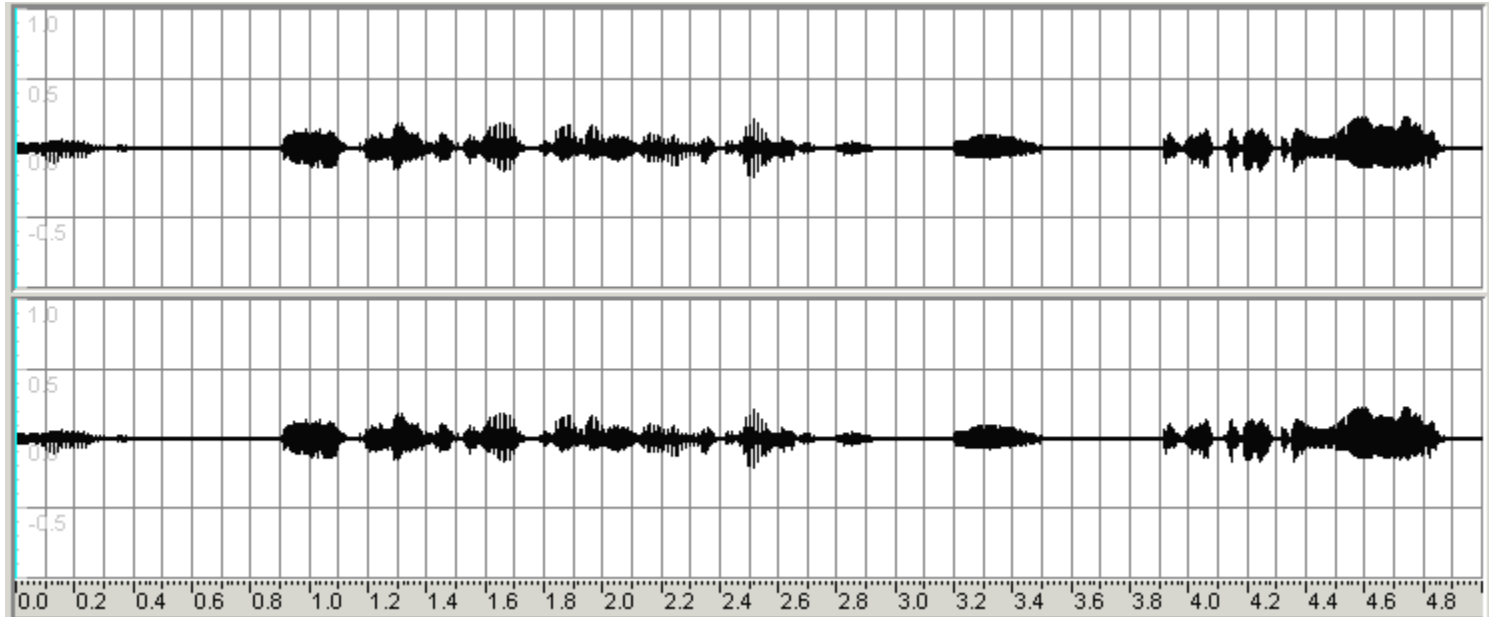


(.wav)



CD-Qualität
Ca. 175 kB/s

44,1 kHz Samplingfrequenz, 16 Bit Tiefe, Stereo



44100
pro s

16 Bit =
2 Byte

Dauer
20 s

Stereo
2 Kanäle

Dateigröße: $44.100 * 2 * 20 * 2 = 3.528.000$ Byte

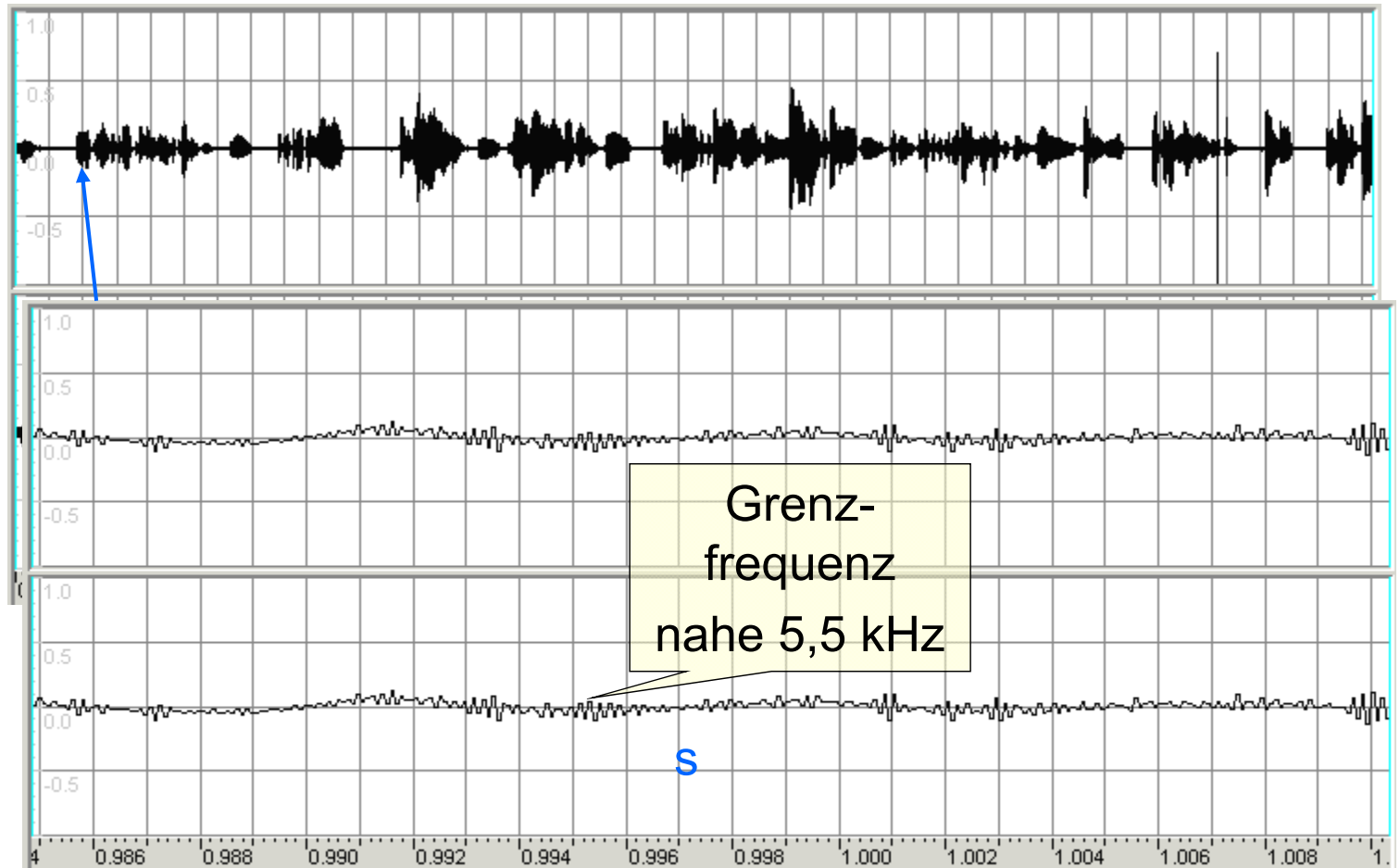
11,025 kHz Samplingfrequenz, 16 Bit Tiefe, Stereo

Medien-
Technik



(.wav)

44 kB/s



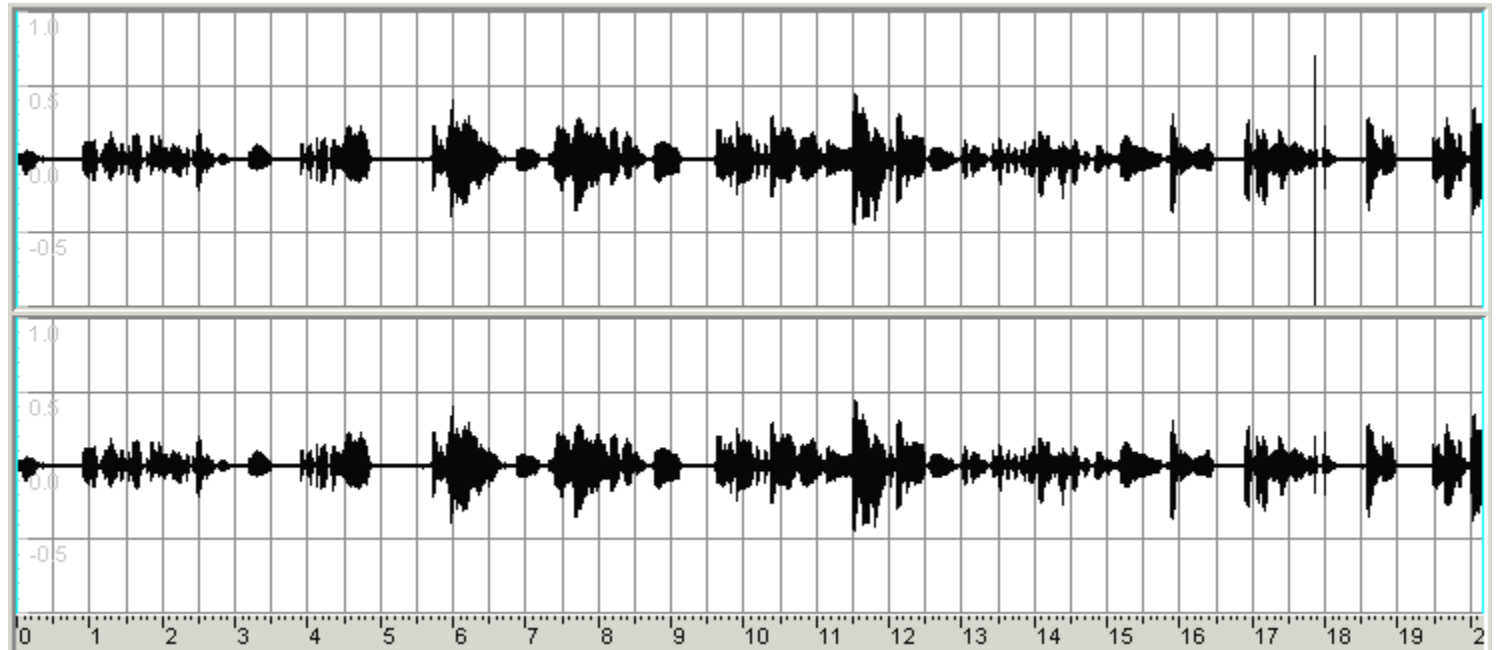
$$\text{Dateigröße: } 11.025 * 2 * 20 * 2 = 882.000 \text{ Byte}$$

Medien-
Technik



(.wav)

22,050 kHz Samplingfrequenz, 8 Bit Tiefe, Stereo



44 kB/s

22050
pro s

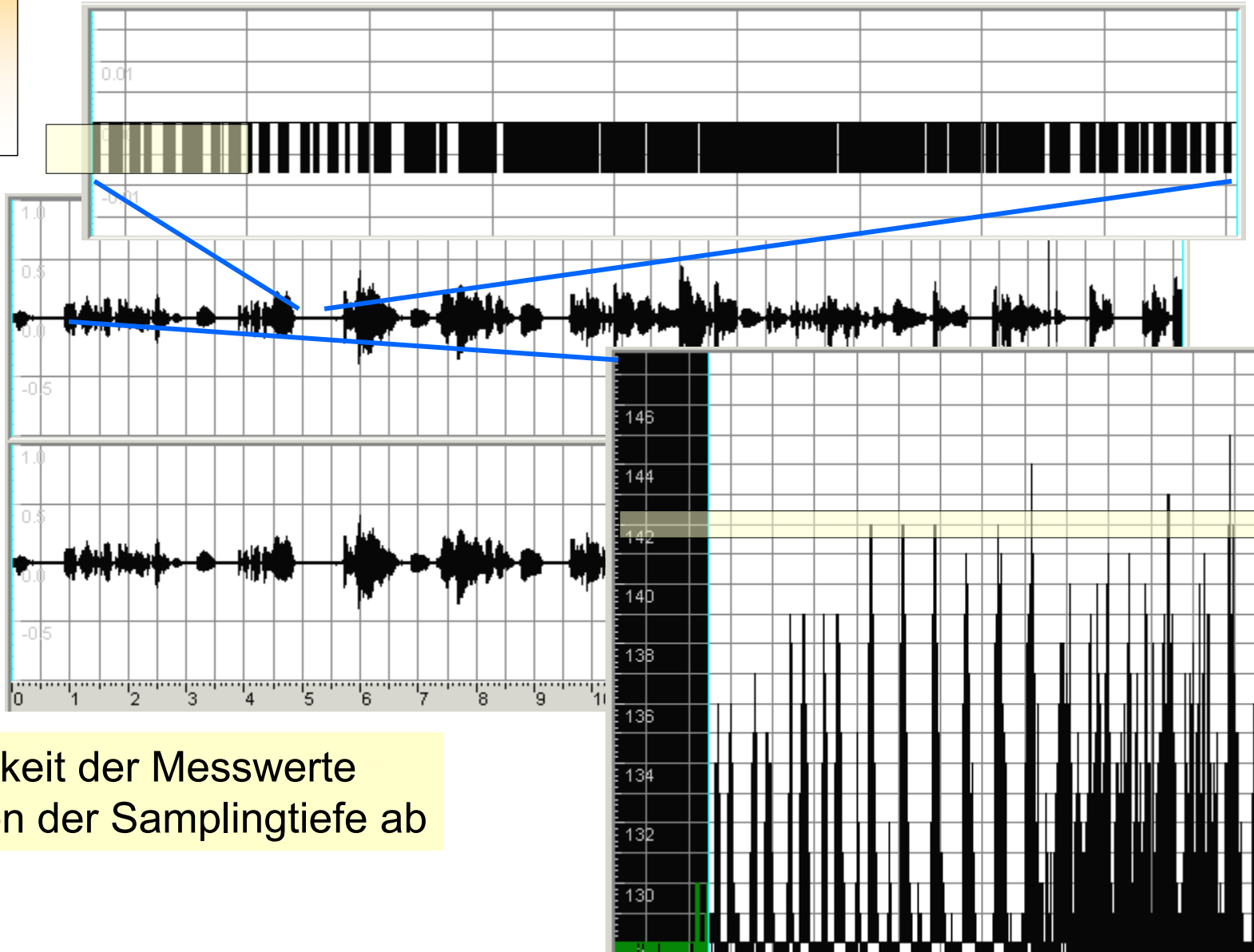
8 Bit =
1 Byte

Dauer
20 s

Stereo
2 Kanäle

Dateigröße: $22.050 * 1 * 20 * 2 = 882.000$ Byte

Quantisierungsfehler



Genauigkeit der Messwerte
hängt von der Samplingtiefe ab

Sampling

Samplingtiefen
und Bitraten

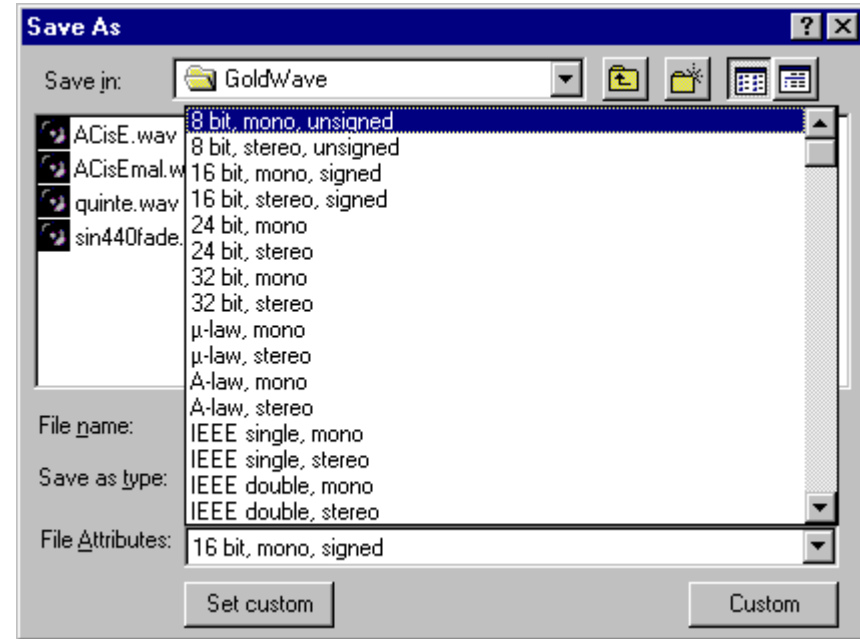
Abtastrate legt definitiv höchste übertragbare Frequenz fest

Sprache: Frequenzen < 4kHz

UKW-Rundfunk bis 15 kHz

CD-Qualität bis ca. 20 kHz

**Je höher die Samplingtiefe,
um so exakter wird das Signal
abgetastet.**



Beispiel: Audio-CD

2 Kanäle

Samplingtiefe 16 Bit

44100 Samples/s

$2 * 2 \text{ Byte} * 44100 / \text{s} = 176400 \text{ Byte/s}$

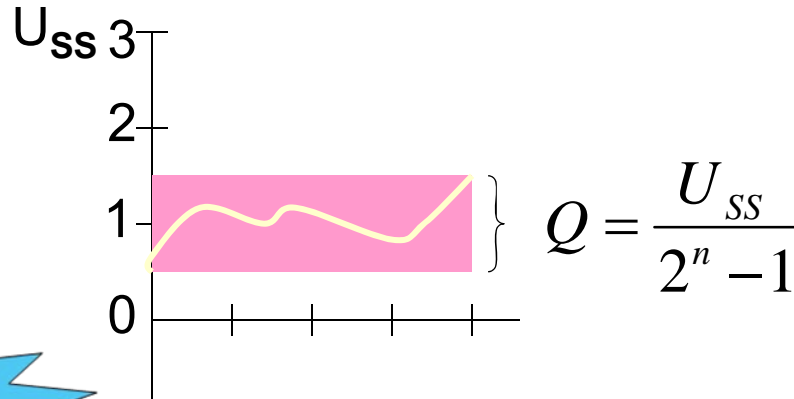
Beispiel: ISDN-Telefonie

64 kBit/sec

DAT /DV

48 kHz, 16 Bit, 2 Kanäle

Störleistung auf Grund diskreter Quantisierung



Quantisierungsfehler

$$\pm \frac{Q}{2}$$

gleichverteilt

N=Noise

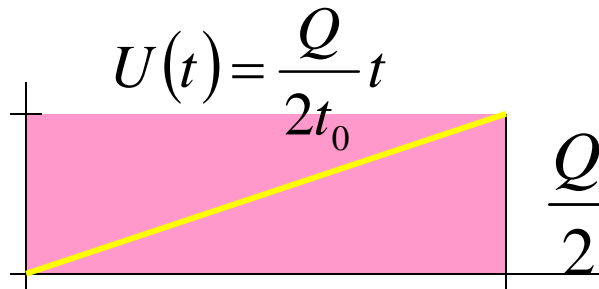
Aus dem Quantisierungsfehler resultierende **Störleistung**:

Elektrische Leistung:

$$N = U * I$$

$$= U * \frac{U}{R}$$

$$= \frac{U^2}{R}$$



$$N_{\emptyset} \approx \frac{\int_0^{t_0} (U(t))^2 dt}{t_0}$$

$$N \approx \frac{Q^2}{12}$$

$$N_{\emptyset} = \frac{\int_0^{t_0} (U(t))^2 dt}{t_0}$$

$$= \frac{\int_0^{t_0} \frac{Q^2 t^2}{4t_0^2} dt}{t_0}$$

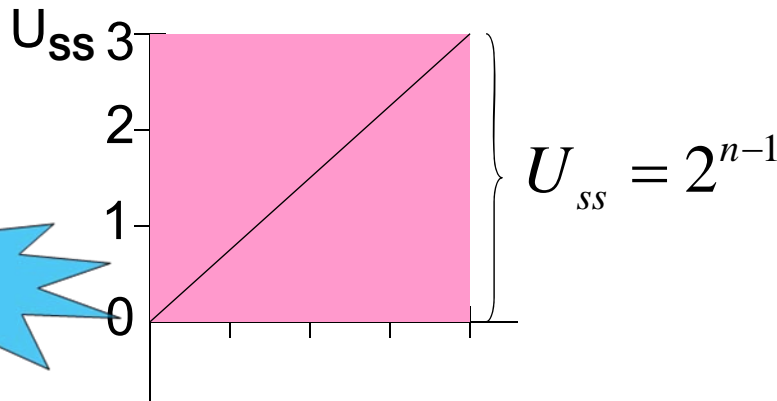
$$= \frac{Q^2}{4t_0^3} \int_0^{t_0} t^2 dt$$

$$= \frac{Q^2}{4t_0^3} \frac{t_0^3}{3}$$

Störabstand = Signalleistung / Störleistung

Medien-
Technik

S=Signal



Signal-Leistung bei gleichverteilten Werten 0.. U_{ss}

$$S = \frac{1}{12} U_{ss}^2$$

$$N = \frac{Q^2}{12} \quad \text{Störleistung}$$

$$S = \frac{1}{12} U_{ss}^2 \quad \text{Nutzleistung}$$

Nutzleistung:Störleistung

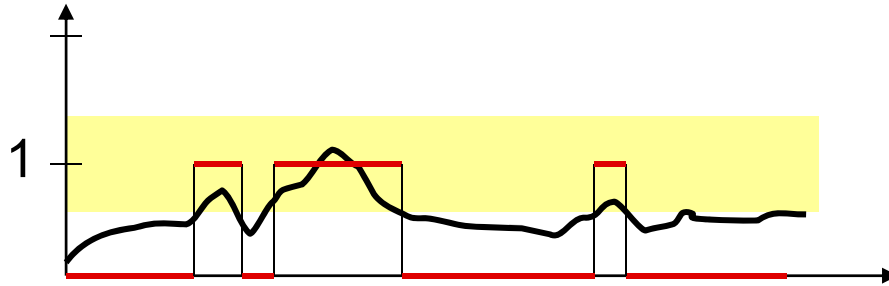
$$\frac{S}{N} = \frac{U_{ss}^2}{12} * \frac{12}{Q^2} = (2^n - 1)^2$$

Störabstand dB:

$$10 \lg \left(\frac{S}{N} \right) = 10 \lg \left((2^n - 1)^2 \right) \approx 20n \lg 2 \approx 6n \text{ dB}$$

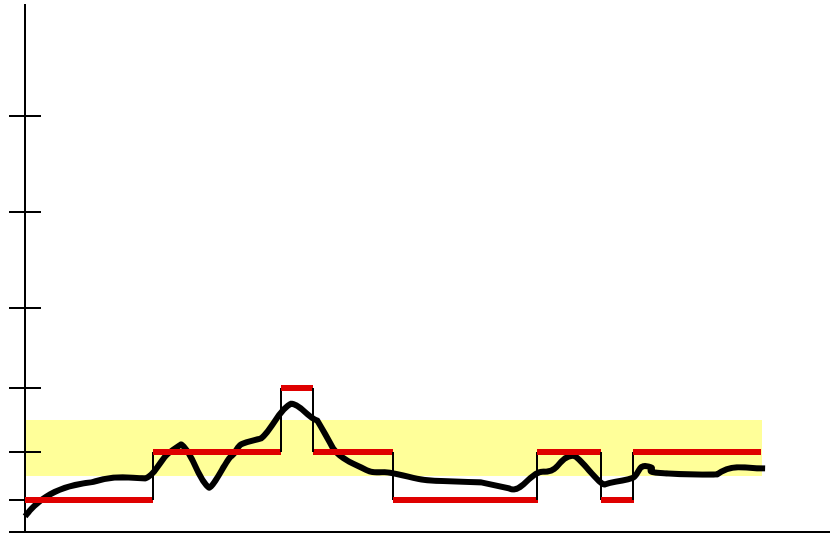
+1 Bit Sample-Tiefe
+ 6 dB Störabstand
16 Bit etwa 100 dB

Sampling: Leise Stellen

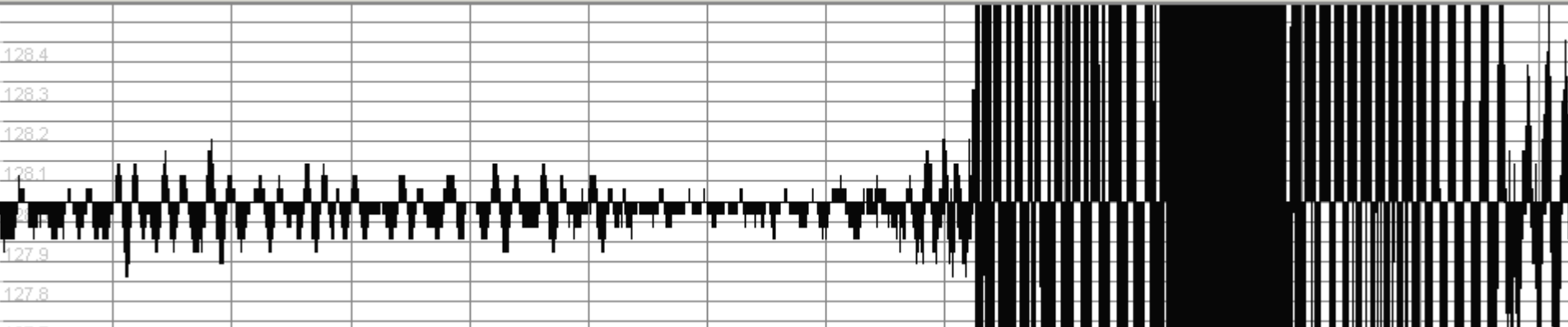


Rauschen und Knistern
bei geringer Samplingtiefe

Nichtlineares
Abtasten



A-law } -Abtastung
 μ -law }



Codecs: Coder/Decoder

The screenshot shows the Windows Control Panel window titled "Systemsteuerung". The main window displays the "Eigenschaften von Audiocodern" (Audio Codec Properties) dialog box. The "Allgemein" (General) tab is active, showing a list of audio compression codecs. The "Microsoft IMA ADPCM CODEC-Konfiguration" (Microsoft IMA ADPCM CODEC Configuration) dialog box is open over the list, showing the "Maximale Echtzeit-Konvertierungsrate" (Maximum Real-time Conversion Rate) settings. The "Komprimierung" (Compression) dropdown is set to "Alle Raten" (All Rates). The "Dekomprimierung" (Decompression) dropdown is set to "Keine Raten" (No Rates). The "Alle Raten" option is highlighted in the decompression list. The "OK" and "Abbrechen" (Cancel) buttons are visible at the bottom of the configuration dialog. In the background, the "Eigenschaften von Audiocodern" dialog shows a list of codecs: IMA ADPCM Audio CODEC, Microsoft ADPCM Audio CODEC, Microsoft CCITT G.711 Audio CODEC, and Microsoft GSM 6.10 Audio CODEC. The "Eigenschaften" button is visible at the bottom of the main dialog. At the bottom of the Control Panel window, there are links for "Tweak UI" and "Verwaltung" (Administration).

The screenshot shows the "Datei speichern unter" (Save As) dialog box in Windows. The "Speichern" (Save) button is visible at the top left. The "Speichern" (Save) button is visible at the top left. The "Dateiname:" (File name) field contains "mikrobeatles". The "Dateityp:" (File type) dropdown is set to "Wave (*.wav)". The "File Attributes:" (File attributes) dropdown is set to "µ-law, stereo". A list of file attributes is displayed below the dropdown, including "8 bit, mono, unsigned", "8 bit, stereo, unsigned", "16 bit, mono, signed", "16 bit, stereo, signed", "24 bit, mono", "24 bit, stereo", "32 bit, mono", "32 bit, stereo", "µ-law, mono", "µ-law, stereo", "A-law, mono", "A-law, stereo", "IEEE single, mono", "IEEE single, stereo", "IEEE double, mono", and "IEEE double, stereo". The "µ-law, stereo" option is selected and highlighted in blue. The "Speichern" (Save) and "Abbrechen" (Cancel) buttons are visible at the bottom right.

<http://chaosradio.ccc.de/cre154.html>

Hyperlinks zu diesem Kapitel

[Das Abtast-Theorem](#)

(Oliver Deussen)

http://de.wikipedia.org/wiki/George_Harrison

http://de.wikipedia.org/wiki/The_Beatles

<http://de.wikipedia.org/wiki/Abtasttheorem>

Grafik-Quellen

<http://www.gothomepages.com/beatles/BeatlesHomePage.html>