



Informatik der digitalen Medien

Ergänzungs-Studienangebot der Mediendidaktik für
Lehramtstudenten
Dr. Harald Sack
Institut für Informatik
FSU Jena
Sommersemester 2007

<http://www.informatik.uni-jena.de/~sack/SS07/infod.htm>

Informatik der digitalen Medien

1 2 3 4 5 **21.05.2007 – Vorlesung Nr. 6** 7 8 9 10 11 12

13

14



2. Grundlagen der Digitalisierung – Datenrepräsentation im Computer (Teil 3)

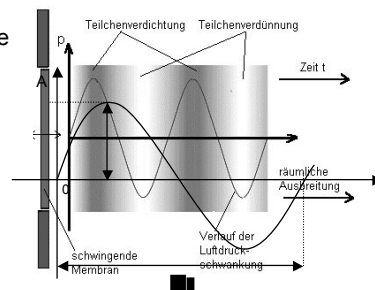
2. Grundlagen der Digitalisierung – Datenrepräsentation im Computer (4)

- Audiokodierung und -komprimierung
 - Sampling und Quantisierung
 - Pulse Code Modulation
 - Psychoakustik und menschliche Wahrnehmung
 - Verlustbehaftete MP3-Audiokodierung

Audiokodierung und Komprimierung

- **Sampling und Quantisierung**

- Was ist Schall?
- **Schall** wird hervorgerufen durch Schwingungen von Molekülen in einem elastischen Medium, die sich wellenförmig ausbreiten.
- Maßeinheit:
 - Frequenz = #Schwingungen/Sekunde = Hz (Hertz)
 - \cong Dauer einer Schwingung: 
 - Frequenz: 
- Lautstärke: Höhe der Amplitude A



Audiokodierung und Komprimierung

● Sampling und Quantisierung

○ Was ist Schall?

○ Lautstärke: **Schalldruck**

- Druckschwankungen eines kompressiblen Schallübertragungsmediums, die bei der Ausbreitung von Schall auftreten

- angegeben wird aber meist der **Schalldruckpegel**, gemessen in **Dezibel (db)**



Alexander
Graham Bell
(1847-1922)

- 1db entspricht der Lautstärke, bei der ein Ton von 1 KHz gerade noch hörbar ist
- $p_0 = 0 \text{ db} \rightarrow$ Hörschwelle, entspricht Schalldruck von $20\mu\text{Pa}$

Informatik der digitalen Medien
Dr.rer.nat. Harald Sack, Institut für Informatik, Friedrich-Schiller-Universität Jena, Ernst-Abbe-Platz 2-4, D-0744 Jena, E-Mail: sack@minet.uni-jena.de

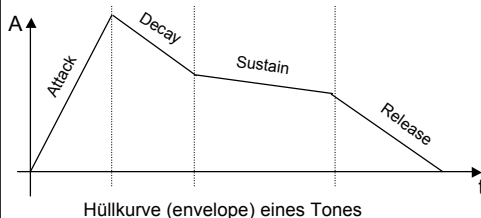
5

Audiokodierung und Komprimierung

● Sampling und Quantisierung

○ Was ist Schall?

- der **Klang** (subjektives Schallerlebnis) kann charakterisiert werden durch
 - **Lautstärken** (\rightarrow Amplitude) und
 - **Tonhöhen** (\rightarrow Frequenz) seiner Grund- und Obertöne (\rightarrow Frequenzspektrum)
 - **im zeitlichen Verlauf**



Grundton

tiefste Frequenz einer komplexen Wellenform

Oberton

bei natürlicher Tonerzeugung wird stets neben dem Grundton eine Vielzahl höherer Töne erzeugt

Frequenzspektrum

Gesamtheit aller Obertöne

Informatik der digitalen Medien
Dr.rer.nat. Harald Sack, Institut für Informatik, Friedrich-Schiller-Universität Jena, Ernst-Abbe-Platz 2-4, D-0744 Jena, E-Mail: sack@minet.uni-jena.de

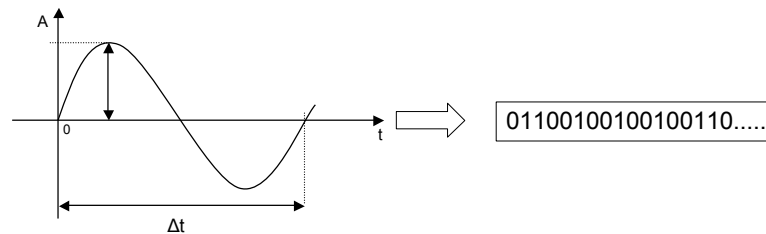
6

Audiokodierung und Komprimierung

● Sampling und Quantisierung

○ Was ist Schall?

- Schall ist ein **analoges Signal**
 - Zeitkontinuierlich
 - Wertekontinuierlich
 - → muss zur Darstellung im Computer **digitalisiert** werden



Informatik der digitalen Medien
Dr.rer.nat. Harald Sack, Institut für Informatik, Friedrich-Schiller-Universität Jena, Ernst-Abbe-Platz 2-4, D-0744 Jena, E-Mail: sack@minet.uni-jena.de

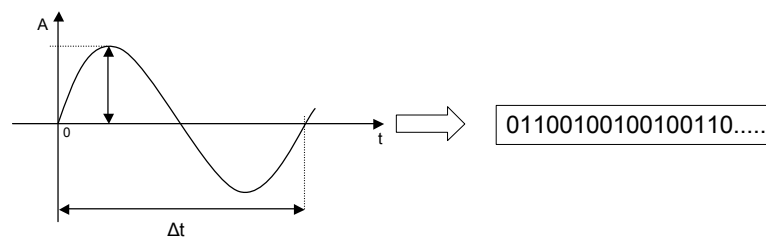
7

Audiokodierung und Komprimierung

● Sampling und Quantisierung

○ Analog-Digital-Wandlung

- Lässt sich in drei Stufen zerlegen:
 1. Abtastung des Signals (**Sampling**)
 2. Diskretisierung der Abtastwerte (**Quantisierung**)
 3. **Kodierung** der quantisierten Abtastwerte



Informatik der digitalen Medien
Dr.rer.nat. Harald Sack, Institut für Informatik, Friedrich-Schiller-Universität Jena, Ernst-Abbe-Platz 2-4, D-0744 Jena, E-Mail: sack@minet.uni-jena.de

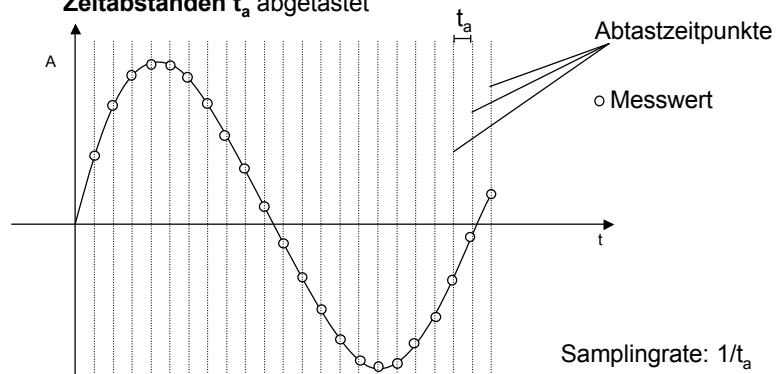
8

Audiokodierung und Komprimierung

- **Sampling und Quantisierung**

- **Analog-Digital-Wandlung**

1. **Sampling:** das Signal wird periodisch in bestimmten Zeitabständen t_a abgetastet



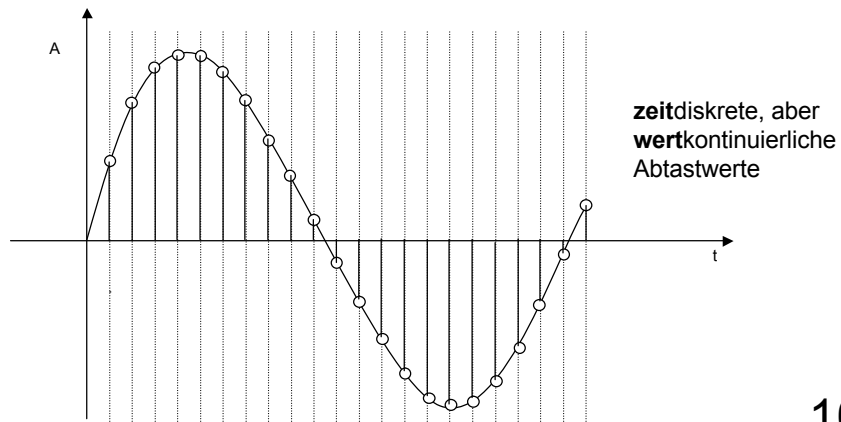
Informatik der digitalen Medien
Dr.rer.nat. Harald Sack, Institut für Informatik, Friedrich-Schiller-Universität Jena, Ernst-Abbe-Platz 2-4, D-0744 Jena, E-Mail: sack@minet.uni-jena.de

9

Audiokodierung und Komprimierung

- **Sampling und Quantisierung**

- **Analog-Digital-Wandlung**



Informatik der digitalen Medien
Dr.rer.nat. Harald Sack, Institut für Informatik, Friedrich-Schiller-Universität Jena, Ernst-Abbe-Platz 2-4, D-0744 Jena, E-Mail: sack@minet.uni-jena.de

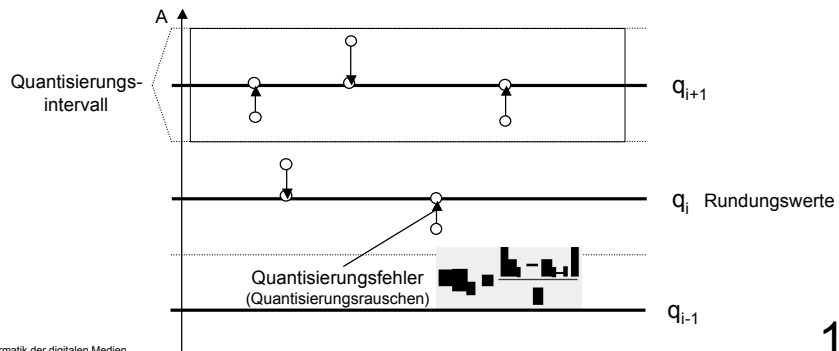
10

Audiokodierung und Komprimierung

- **Sampling und Quantisierung**

- **Analog-Digital-Wandlung**

2. **Quantisierung:** Rundung der kontinuierlichen Abtastwerte auf diskrete Quantisierungspunkte



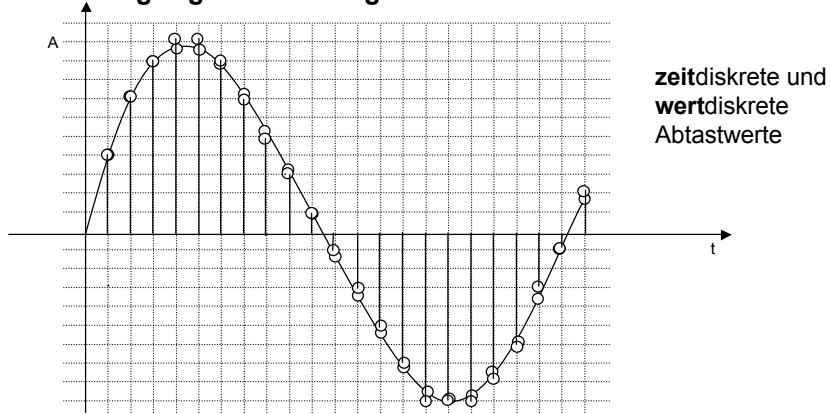
Informatik der digitalen Medien
Dr.rer.nat. Harald Sack, Institut für Informatik, Friedrich-Schiller-Universität Jena, Ernst-Abbe-Platz 2-4, D-0744 Jena, E-Mail: sack@minet.uni-jena.de

11

Audiokodierung und Komprimierung

- **Sampling und Quantisierung**

- **Analog-Digital-Wandlung**



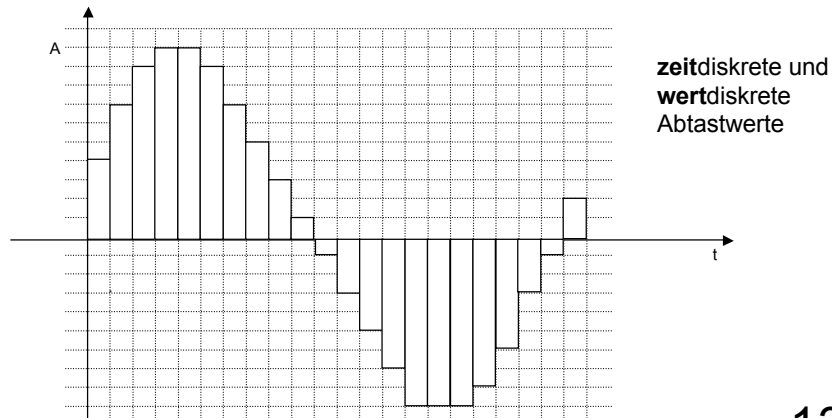
Informatik der digitalen Medien
Dr.rer.nat. Harald Sack, Institut für Informatik, Friedrich-Schiller-Universität Jena, Ernst-Abbe-Platz 2-4, D-0744 Jena, E-Mail: sack@minet.uni-jena.de

12

Audiokodierung und Komprimierung

- **Sampling und Quantisierung**

- **Analog-Digital-Wandlung**



Informatik der digitalen Medien
Dr.rer.nat. Harald Sack, Institut für Informatik, Friedrich-Schiller-Universität Jena, Ernst-Abbe-Platz 2-4, D-0744 Jena, E-Mail: sack@minet.uni-jena.de

13

Audiokodierung und Komprimierung

- **Sampling und Quantisierung**

- **Analog-Digital-Wandlung**

- **Problem:**

- Wie viele Abtastpunkte? (*Samplingrate*)
- Wie viele Quantisierungsintervalle? (*Samplingtiefe*)

- **Ziel:**

- Möglichst exakte Reproduktion des Ursprungssignals bei möglichst geringem Speicheraufwand

Informatik der digitalen Medien
Dr.rer.nat. Harald Sack, Institut für Informatik, Friedrich-Schiller-Universität Jena, Ernst-Abbe-Platz 2-4, D-0744 Jena, E-Mail: sack@minet.uni-jena.de

14

Audiokodierung und Komprimierung

- **Sampling und Quantisierung**

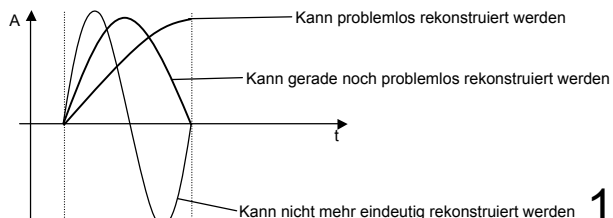
- **Analog-Digital-Wandlung**

- **Abtasttheorem nach Shannon/Raabe/Nyquist/Kotelnikow**

- Für jede Größe eines Samplingintervalls Δt gibt es eine bestimmte **kritische Frequenz f_a** (nyquist critical frequency), die die obere Grenze angibt, bis zu der Frequenzen abgetastet werden können
- Um eine Schwingung rekonstruieren zu können, werden **zwei Abtastpunkte innerhalb einer Schwingungsperiode** benötigt.



Claude E. Shannon
(1916-2001)



Informatik der digitalen Medien
Dr.rer.nat. Harald Sack, Institut für Informatik, Friedrich-Schiller-Universität Jena, Ernst-Abbe-Platz 2-4, D-0744 Jena, E-Mail: sack@minet.uni-jena.de

15

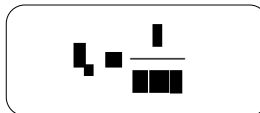
Audiokodierung und Komprimierung

- **Sampling und Quantisierung**

- **Analog-Digital-Wandlung**

- **Abtasttheorem nach Shannon/Raabe/Nyquist/Kotelnikow**

- Ist vorab die **höchste** in einem Signal **vorkommende Frequenz (f_a)** bekannt, kann ein optimales **Samplingintervall (Δt)** bestimmt werden:



- Daher folgt für die **Samplingrate f_s** :



Informatik der digitalen Medien
Dr.rer.nat. Harald Sack, Institut für Informatik, Friedrich-Schiller-Universität Jena, Ernst-Abbe-Platz 2-4, D-0744 Jena, E-Mail: sack@minet.uni-jena.de

16

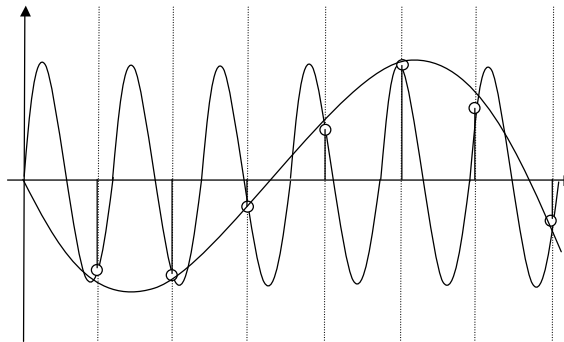
Audiokodierung und Komprimierung

- **Sampling und Quantisierung**

- **Analog-Digital-Wandlung**

- **Abtasttheorem nach Shannon/Raabe/Nyquist/Kotelnikow**

- Bsp.: zu niedrige Samplingrate



Informatik der digitalen Medien
Dr.rer.nat. Harald Sack, Institut für Informatik, Friedrich-Schiller-Universität Jena, Ernst-Abbe-Platz 2-4, D-0744 Jena, E-Mail: sack@minet.uni-jena.de

17

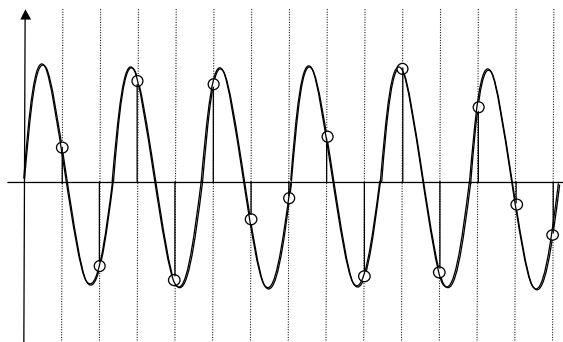
Audiokodierung und Komprimierung

- **Sampling und Quantisierung**

- **Analog-Digital-Wandlung**

- **Abtasttheorem nach Shannon/Raabe/Nyquist/Kotelnikow**

- Bsp.: ausreichende Samplingrate



Informatik der digitalen Medien
Dr.rer.nat. Harald Sack, Institut für Informatik, Friedrich-Schiller-Universität Jena, Ernst-Abbe-Platz 2-4, D-0744 Jena, E-Mail: sack@minet.uni-jena.de

18

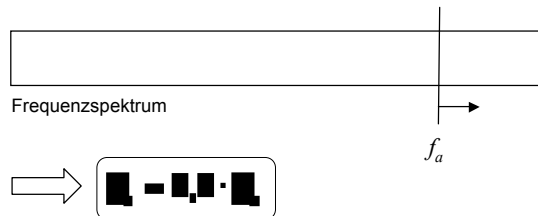
Audiokodierung und Komprimierung

- **Sampling und Quantisierung**

- **Analog-Digital-Wandlung**

- **Abtasttheorem nach Shannon/Raabe/Nyquist/Kotelnikow**

- **in der Praxis** müssen Frequenzanteile jenseits der kritischen Nyquist-Frequenz (f_a) durch einen **Tiefpassfilter** entfernt werden, da sonst störende **Artfakte** auftreten
- in der Praxis gibt es aber keinen „idealen“ Tiefpassfilter



Informatik der digitalen Medien
Dr.rer.nat. Harald Sack, Institut für Informatik, Friedrich-Schiller-Universität Jena, Ernst-Abbe-Platz 2-4, D-0744 Jena, E-Mail: sack@minet.uni-jena.de

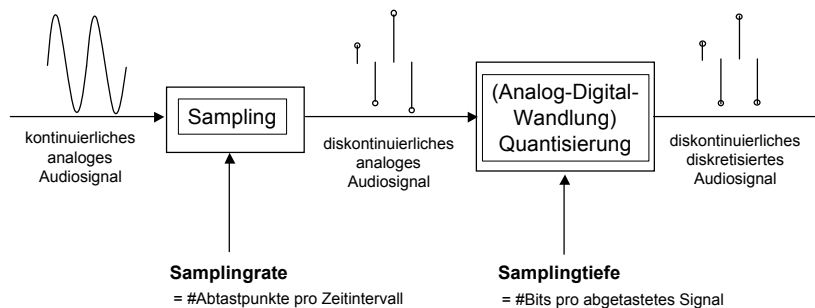
19

Audiokodierung und Komprimierung

- **Sampling und Quantisierung**

- **Analog-Digital-Wandlung**

- **Ablauf der Digitalisierung**



Informatik der digitalen Medien
Dr.rer.nat. Harald Sack, Institut für Informatik, Friedrich-Schiller-Universität Jena, Ernst-Abbe-Platz 2-4, D-0744 Jena, E-Mail: sack@minet.uni-jena.de

20

Audiokodierung und Komprimierung

- **Sampling und Quantisierung**

- **Analog-Digital-Wandlung**

- Bsp. für Audio-Kodierungsparameter

Typ	Frequenzen [Hz]	Samplingtiefe [Bit]	Samplingrate [Hz]	Kanäle
Telefon	200-3.400	8	8.000	1
Radio	50-11.000	8	22.050	2
CD	20-20.000	16	44.100	2
Studio	20-20.000	24	48.000	n

Informatik der digitalen Medien
Dr.rer.nat. Harald Sack, Institut für Informatik, Friedrich-Schiller-Universität Jena, Ernst-Abbe-Platz 2-4, D-0744 Jena, E-Mail: sack@minet.uni-jena.de

21

Informatik der digitalen Medien

2. Grundlagen der Digitalisierung – Datenrepräsentation im Computer (4)

- **Audiokodierung und -komprimierung**
 - Sampling und Quantisierung
 - **Pulse Code Modulation**
 - Psychoakustik und menschliche Wahrnehmung
 - Verlustbehaftete MP3-Audiokodierung

Informatik der digitalen Medien
Dr.rer.nat. Harald Sack, Institut für Informatik, Friedrich-Schiller-Universität Jena, Ernst-Abbe-Platz 2-4, D-0744 Jena, E-Mail: sack@minet.uni-jena.de

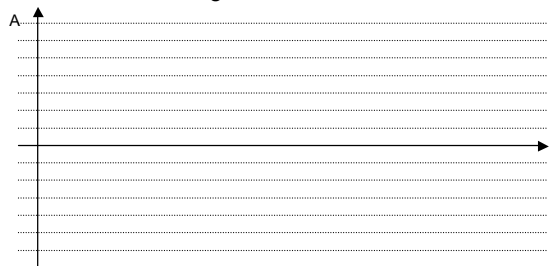
22

Audiokodierung und Komprimierung

- **Pulse-Code Modulation (PCM)**

- **Lineare PCM**

- Die Signalamplitude wird in **gleich große Quantisierungsintervalle** unterteilt
 - + Hohe Auflösung
 - + Möglichst fehlerfreies Signal
 - Hohe Datenrate notwendig



Informatik der digitalen Medien
Dr.rer.nat. Harald Sack, Institut für Informatik, Friedrich-Schiller-Universität Jena, Ernst-Abbe-Platz 2-4, D-0744 Jena, E-Mail: sack@minet.uni-jena.de

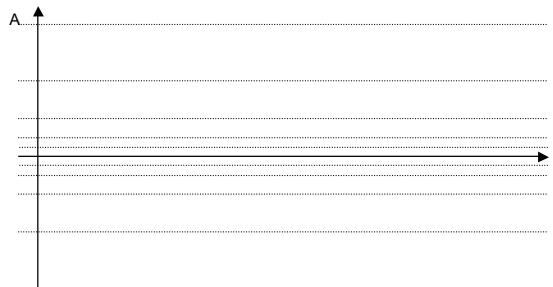
25

Audiokodierung und Komprimierung

- **Pulse-Code Modulation (PCM)**

- **Dynamische PCM**

- Die Signalamplitude wird in **unterschiedlich große Quantisierungsintervalle** (z.B. logarithmisch) aufgeteilt
 - entspricht menschlichem Hörempfinden
 - erlaubt kompaktere Kodierung (geringere Samplingtiefe)



Informatik der digitalen Medien
Dr.rer.nat. Harald Sack, Institut für Informatik, Friedrich-Schiller-Universität Jena, Ernst-Abbe-Platz 2-4, D-0744 Jena, E-Mail: sack@minet.uni-jena.de

26

Audiokodierung und Komprimierung

- **Pulse-Code Modulation (PCM)**

- **Differentielle PCM (DPCM)**

- Unterschiede zwischen aufeinander folgenden Abtastwerten sind oft nur gering,
- daher ist eine Kodierung der **Differenzen** zwischen den aufeinander folgenden Abtastwerten effizienter.
- Feste **Referenzpunkte** mit exakter Kodierung des Signals notwendig
- **Adaptive DPCM**
 - Treffe **Vorhersage** zum nächsten Abtastwert
 - kodiere nur die **Differenz zwischen Vorhersagewert und tatsächlichem Signalwert**
 - zusammen mit Huffman-Kodierung erreicht man damit eine verlustfreie Audiokomprimierung im Verhältnis 1:2

Informatik der digitalen Medien
Dr.rer.nat. Harald Sack, Institut für Informatik, Friedrich-Schiller-Universität Jena, Ernst-Abbe-Platz 2-4, D-0744 Jena, E-Mail: sack@minet.uni-jena.de

27

Audiokodierung und Komprimierung

- **Pulse-Code Modulation (PCM)**

- **Wie viel Audioinformation passt eigentlich auf eine CD?**

- Frequenzgang 20-20.000 Hz
- Samplingrate 44.100 kHz
- Stereo 2 Kanäle
- Samplingtiefe 16 bit

- 1 Minute Audioinformation in CD-Qualität:

$$60s \cdot 44.100 \text{ 1/s} \cdot 16 \text{ bit} \cdot 2 = 84.672.000 \text{ bit} \\ = 10.584.000 \text{ Byte}$$

Informatik der digitalen Medien
Dr.rer.nat. Harald Sack, Institut für Informatik, Friedrich-Schiller-Universität Jena, Ernst-Abbe-Platz 2-4, D-0744 Jena, E-Mail: sack@minet.uni-jena.de

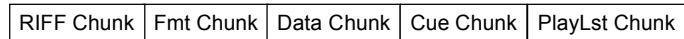
28

Audiokodierung und Komprimierung

- **Pulse-Code Modulation (PCM)**

- **Unkomprimiertes Audiodatenformat - .wav**

- Waveform Audio File Format (IBM/Microsoft)
- Teil des Windows **RIFF** (Resource Interchange File Format)
- unterteilt Datei in einzelne „Häppchen“ (Chunks)
 - RIFF-Chunk
 - Format-Chunk
 - Data Chunk
 - Cue Chunk (Synchronisation)
 - Playlist Chunk

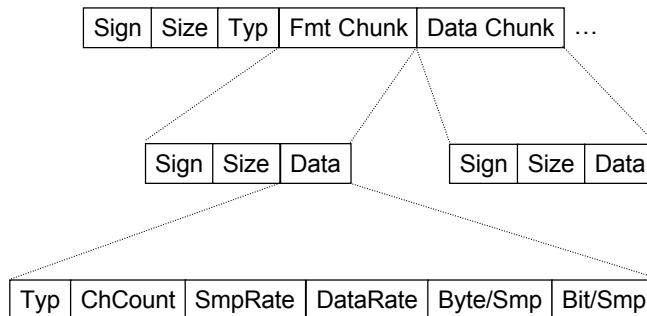


ähnlich aufgebaut: Apples **AIFF**

Audiokodierung und Komprimierung

- **Pulse-Code Modulation (PCM)**

- **Unkomprimiertes Audiodatenformat - .wav**



2. Grundlagen der Digitalisierung – Datenrepräsentation im Computer (4)

- Audiokodierung und -komprimierung
 - Sampling und Quantisierung
 - Pulse Code Modulation
 - **Psychoakustik und menschliche Wahrnehmung**
 - Verlustbehaftete MP3-Audiokodierung

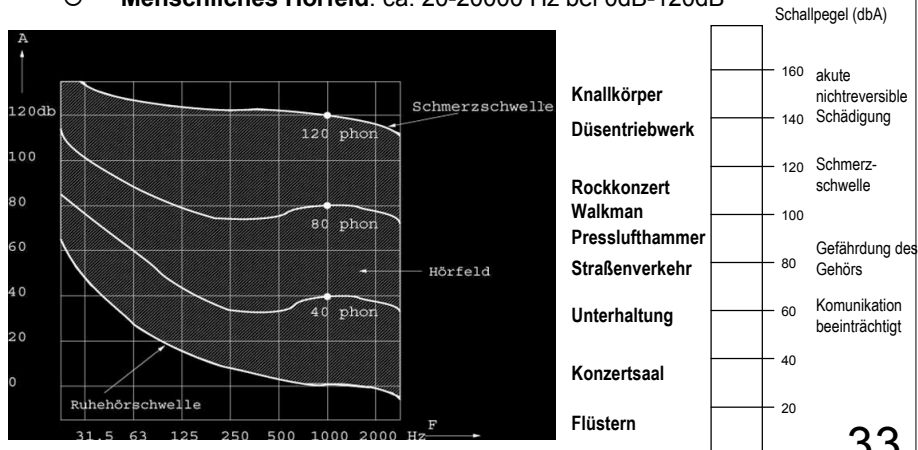
Audiokodierung und Komprimierung

- **Psychoakustik und menschliche Wahrnehmung**
 - mit Huffman-Kodierung erreicht man eine **verlustfreie Audiokomprimierung im Verhältnis 1:2**
 - verlustfreie Komprimierung erlaubt exakte Rekonstruktion des Ursprungssignals
 - **Adaptive DPCM** nutzt **lineare Prediktion**
 - aus bereits vergangenen Signalwerten wird Vorhersagewert ermittelt
 - kodiert wird lediglich die Differenz zwischen Vorhersagewert und tatsächlichem Signal
 - **weitere Reduktion ist nur durch gezieltes Weglassen von Audioinformation möglich**
 - → nutze die Schwächen des menschlichen Wahrnehmungssystems aus

Audiokodierung und Komprimierung

● Psychoakustik und menschliche Wahrnehmung

- **Menschliches Hörfeld:** ca. 20-20000 Hz bei 0dB-120dB

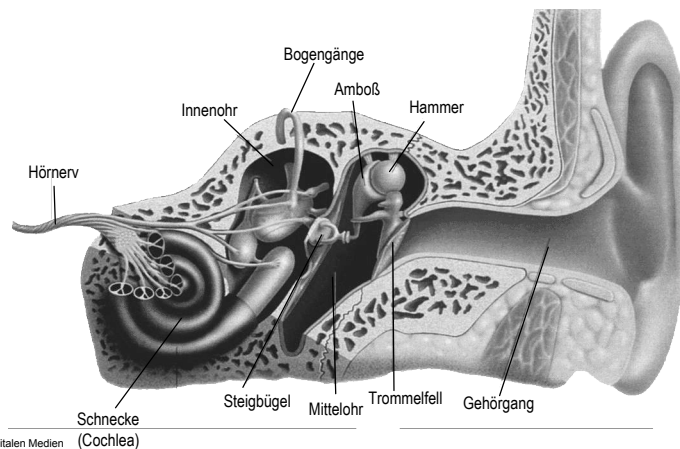


Informatik der digitalen Medien
Dr.rer.nat. Harald Sack, Institut für Informatik, Friedrich-Schiller-Universität Jena, Ernst-Abbe-Platz 2-4, D-0744 Jena, E-Mail: sack@minet.uni-jena.de

Audiokodierung und Komprimierung

● Psychoakustik und menschliche Wahrnehmung

- **Menschliches Gehör**



Informatik der digitalen Medien
Dr.rer.nat. Harald Sack, Institut für Informatik, Friedrich-Schiller-Universität Jena, Ernst-Abbe-Platz 2-4, D-0744 Jena, E-Mail: sack@minet.uni-jena.de

34

Audiokodierung und Komprimierung

- **Psychoakustik und menschliche Wahrnehmung**

- **Menschliches Gehör**

- **Außenohr:** Ohrmuschel, Gehörgang, Trommelfell
- **Mittelohr:** Gehörknöchel (Hammer, Amboss, Steigbügel)
 - Durch Luftdruckschwankung hervorgerufene Schwingung der Trommelfellmembran wird in mechanische Schwingungen umgewandelt
- **Innenohr:** ovales Fenster, Gehörschnecke (Cochlea), Hörnerv
 - Mechanische Schwingungen werden über ovales Fenster an Lymphflüssigkeit der Cochlea weitergegeben. Im Zentrum der Cochlea verläuft die Basilarmembran mit dem Cortischen Organ, das mit seinen 20.000 Haarzellen von unterschiedlichen Frequenzen unterschiedlich stark gereizt wird. Die von den Haarzellen abgegebenen bioelektrischen Impulse werden vom Hörnerv aufgenommen und an das Gehirn weitergegeben
- Unterschiedliche Frequenzbereiche werden als unterschiedlich laut wahrgenommen (vgl. Hörfeld)



Informatik der digitalen Medien
Dr.rer.nat. Harald Sack, Institut für Informatik, Friedrich-Schiller-Universität Jena, Ernst-Abbe-Platz 2-4, D-0744 Jena, E-Mail: sack@minet.uni-jena.de

35

Audiokodierung und Komprimierung

- **Psychoakustik und menschliche Wahrnehmung**

- kodiere nur Signale, die **im menschlichen Hörfeld** liegen
- auch innerhalb des Hörfeldes müssen nicht alle Signale kodiert werden
 - **Simultane Verdeckung:**
starkes (lautes) Signal verdeckt (maskiert) gleichzeitiges schwaches (leises) Signal
 - **Temporäre Verdeckung:**
starkes Signal verdeckt schwaches Signal nicht nur zeitgleich, sondern wirkt
 - für gewisse Zeit nach (bis 200 ms)
 - sogar einige Zeit vor (bis 50 ms, liegt an der Trägheit des Hörvorganges)

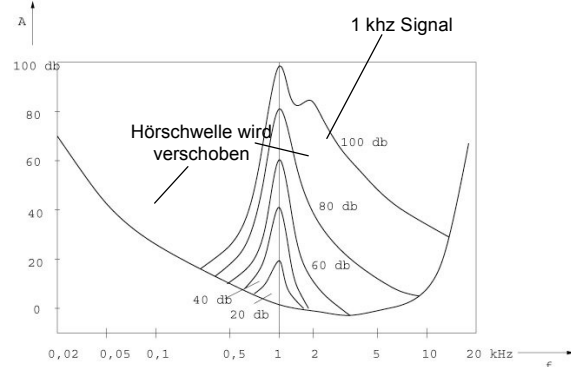
Informatik der digitalen Medien
Dr.rer.nat. Harald Sack, Institut für Informatik, Friedrich-Schiller-Universität Jena, Ernst-Abbe-Platz 2-4, D-0744 Jena, E-Mail: sack@minet.uni-jena.de

36

Audiokodierung und Komprimierung

- **Psychoakustik und menschliche Wahrnehmung**

- **Simultane Verdeckung:**
starkes (lautes) Signal verdeckt (maskiert) gleichzeitiges schwaches (leises) Signal



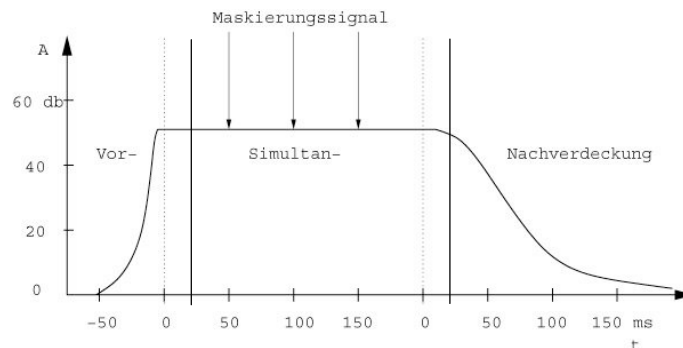
Informatik der digitalen Medien
Dr.rer.nat. Harald Sack, Institut für Informatik, Friedrich-Schiller-Universität Jena, Ernst-Abbe-Platz 2-4, D-0744 Jena, E-Mail: sack@minet.uni-jena.de

37

Audiokodierung und Komprimierung

- **Psychoakustik und menschliche Wahrnehmung**

- **Temporäre Verdeckung:**
starkes Signal verdeckt schwaches Signal nicht nur zeitgleich, sondern wirkt nach bzw. sogar vor



Informatik der digitalen Medien
Dr.rer.nat. Harald Sack, Institut für Informatik, Friedrich-Schiller-Universität Jena, Ernst-Abbe-Platz 2-4, D-0744 Jena, E-Mail: sack@minet.uni-jena.de

38

2. Grundlagen der Digitalisierung – Datenrepräsentation im Computer (4)

- Audiokodierung und -komprimierung
 - Sampling und Quantisierung
 - Pulse Code Modulation
 - **Psychoakustik und menschliche Wahrnehmung**
 - **Verlustbehaftete MP3-Audiokodierung**

Audiokodierung und Komprimierung

- **Verlustbehaftete MP3-Audio-Komprimierung**
 - **MPEG 1 – Layer 3**
 - Motion Pictures Expert Group - **MP3 = MPEG 1 - Layer 3**
 - Standard für Video Compact Disc (VCD)
 - entwickelt vom Fraunhofer Institut für Integrierte Schaltkreise in Erlangen mit AT&T Bell Labs und Thompson (ab 1987)
 - basiert auf **Subband-Coding** mit eigenem **psycho-akustischen Modell**
 - ISO-Standard
 - standardisiert lediglich Dekoder und Datenformat
 - Kodierer nicht standardisiert
 - MP3-Datei besitzt keinen expliziten Header, sondern ist eine Aneinanderreihung einzelner Datenblöcke mit jeweils eigenem Header + Audioinformationen (→ **Streaming**)

Audiokodierung und Komprimierung

- **Verlustbehaftete MP3-Audio-Komprimierung**

- **MPEG 1 – Layer 3**

- Vergleich der Kompressionsraten

Verfahren	Ratio	Datenrate
CD-Audio	1:1	~1,4 Mbps
MPEG 1 Layer I	1:4	384 kbps
MPEG 1 Layer II	1:6... 1:8	192...256 kbps
MPEG 1 Layer III	1:10... 1:12	112... 128 kbps

Informatik der digitalen Medien
Dr.rer.nat. Harald Sack, Institut für Informatik, Friedrich-Schiller-Universität Jena, Ernst-Abbe-Platz 2-4, D-0744 Jena, E-Mail: sack@minet.uni-jena.de

41

Audiokodierung und Komprimierung

- **Verlustbehaftete MP3-Audio-Komprimierung**

- **MP3-Kodierung**

- **Predictive Coding**

- Wissen über bereits kodiertes Signal wird zur Vorhersage des Folgesignals benutzt (nur Differenz wird kodiert)

- **Spektral-/Transform Coding**

- Fourier-Transformation des Wellensignals (Überführung von Ortsraum in Frequenzraum)

- **Sub-Band Coding**

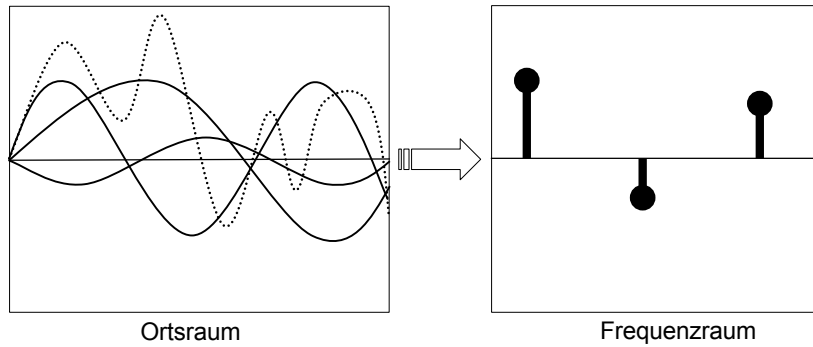
- psycho-akustisches Modell
- Audio-Spektrum wird in Frequenzbänder aufgeteilt (fast alle Bänder haben gegenüber dem lautesten Band weniger relevante Information)

Informatik der digitalen Medien
Dr.rer.nat. Harald Sack, Institut für Informatik, Friedrich-Schiller-Universität Jena, Ernst-Abbe-Platz 2-4, D-0744 Jena, E-Mail: sack@minet.uni-jena.de

42

Audiokodierung und Komprimierung

- Verlustbehaftete MP3-Audio-Komprimierung
 - MP3-Kodierung
 - Spektral-/Transform Coding

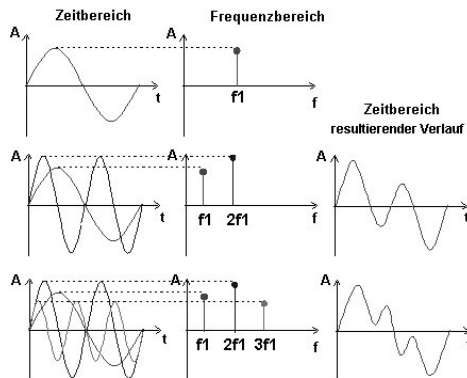


Informatik der digitalen Medien
Dr.rer.nat. Harald Sack, Institut für Informatik, Friedrich-Schiller-Universität Jena, Ernst-Abbe-Platz 2-4, D-0744 Jena, E-Mail: sack@minet.uni-jena.de

43

Audiokodierung und Komprimierung

- Verlustbehaftete MP3-Audio-Komprimierung
 - MP3-Kodierung
 - Ortsraum \leftrightarrow Frequenzraum



- Jede periodische Schwingung kann als eine **Überlagerung von Sinusschwingungen** unterschiedlicher Amplituden und Frequenzen dargestellt werden
- Trägt man die Amplituden der beteiligten Schwingungen in Abhängigkeit der Frequenz auf, erhält man das **Frequenzspektrum**

Informatik der digitalen Medien
Dr.rer.nat. Harald Sack, Institut für Informatik, Friedrich-Schiller-Universität Jena, Ernst-Abbe-Platz 2-4, D-0744 Jena, E-Mail: sack@minet.uni-jena.de

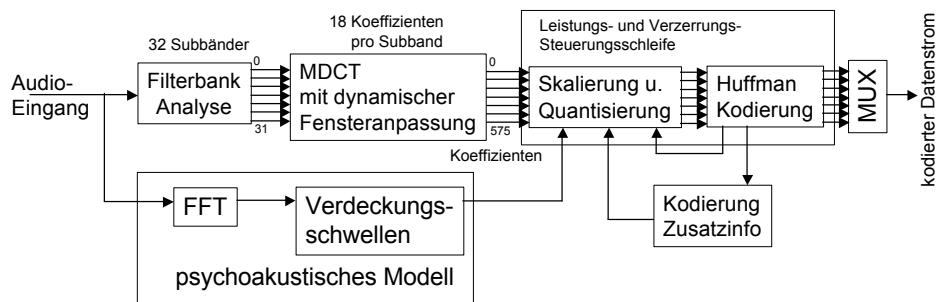
44

Audiokodierung und Komprimierung

- **Verlustbehaftete MP3-Audio-Komprimierung**

- **MP3-Kodierung**

- **Ablauf**



Informatik der digitalen Medien
Dr.rer.nat. Harald Sack, Institut für Informatik, Friedrich-Schiller-Universität Jena, Ernst-Abbe-Platz 2-4, D-0744 Jena, E-Mail: sack@minet.uni-jena.de

45

Audiokodierung und Komprimierung

- **Verlustbehaftete MP3-Audio-Komprimierung**

- **MP3-Kodierung**

- **Kodierung der Stereokanäle**

- Menschliches Gehör ist nicht in der Lage, Richtungsinformationen bei sehr niedrigen/hohen Frequenzen zu gewinnen
- **Intensity Stereo**
Kodierte bestimmte Frequenzbereiche nur mono, versehe diese mit „Richtungsinformation“ aus den anderen Frequenzbändern
- **Mid/Side-Stereo**
Sind linker (L) und rechter Kanal (R) sehr ähnlich, übertrage (L+R) und (L-R) anstelle (L) und (R)

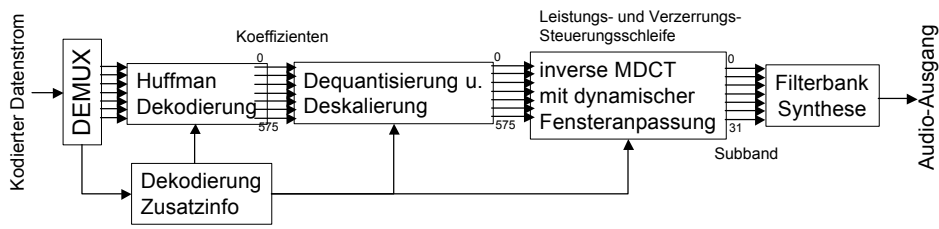
Informatik der digitalen Medien
Dr.rer.nat. Harald Sack, Institut für Informatik, Friedrich-Schiller-Universität Jena, Ernst-Abbe-Platz 2-4, D-0744 Jena, E-Mail: sack@minet.uni-jena.de

46

Audiokodierung und Komprimierung

- **Verlustbehaftete MP3-Audio-Komprimierung**

- **MP3-Dekodierung**
 - Ablauf



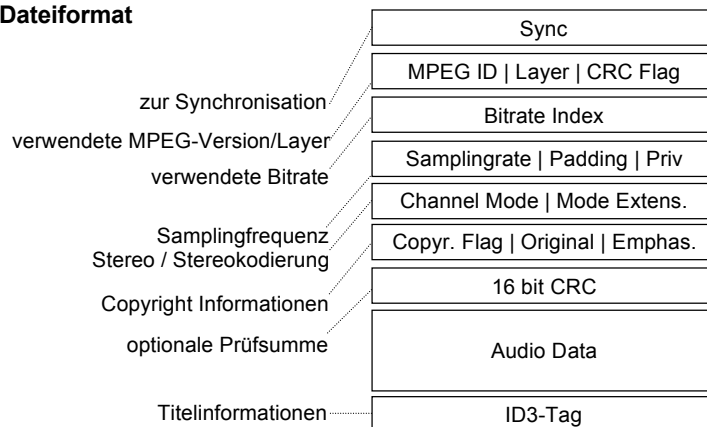
Informatik der digitalen Medien
Dr.rer.nat. Harald Sack, Institut für Informatik, Friedrich-Schiller-Universität Jena, Ernst-Abbe-Platz 2-4, D-0744 Jena, E-Mail: sack@minet.uni-jena.de

47

Audiokodierung und Komprimierung

- **Verlustbehaftete MP3-Audio-Komprimierung**

- **MP3-Dateiformat**



Informatik der digitalen Medien
Dr.rer.nat. Harald Sack, Institut für Informatik, Friedrich-Schiller-Universität Jena, Ernst-Abbe-Platz 2-4, D-0744 Jena, E-Mail: sack@minet.uni-jena.de

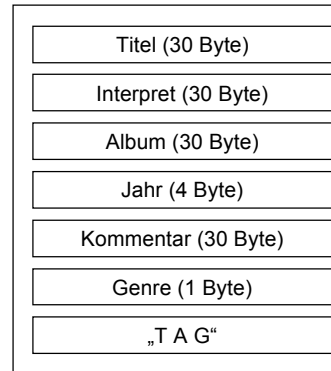
48

Audiokodierung und Komprimierung

- **Verlustbehaftete MP3-Audio-Komprimierung**

- **MP3-ID3-Tag**

- beinhaltet Zusatzinformation über kodierte Audiodatei
- ID3v1 → starre Struktur
- ID3v2
 - Eigenes Containerformat
 - Pakete mit jeweils <16 MB
 - steht am Beginn (Streaming)
 - eigenständige Dateien wie z.B. Bilder, Songtexte, Karaoke, ...
 - wird eigenständig komprimiert



ID3v1-Tag (128 Byte)

Audiokodierung und Komprimierung

- **Verlustbehaftete MP3-Audio-Komprimierung**

- **MPEG 2 (Advanced Audio Coding)**

- Verbesserte Vorhersagealgorithmen
- bis zu 48 reguläre Kanäle + 16 Niedrigfrequenzkanäle
- Samplingraten bis zu 96 kHz
- Fenstergröße bis zu 2048 Samples (verbesserte zeitliche Auflösung/Frequenzauflösung)
- Temporal Noise Shaping (Steuerung des Quantisierungsrauschens)
- Qualität wie MP3 bei lediglich 70% der benötigten Bitrate
- **MPEG 4 AAC**
 - Speziell für **Mobile Computing** und Sprachübertragung
 - ab 4 kbps verständliche Sprachübertragung
 - Perceptual Noise Substitution (PNS) und Long Term Prediction (LTP)

Audiokodierung und Komprimierung

- **Verlustbehaftete MP3-Audio-Komprimierung**
 - **Andere verlustbehaftete Audiodatenformate**
 - ATRAC
 - Sony Minidisk, Komprimierung ca. 5:1, Kaskadeneffekte
 - AC-1 / AC-2 / AC-3
 - Dolby, für Rundfunk, Soundkarten und Digital Surround 5.1
 - MP3-Surround
 - MP3prO
 - OGG Vorbis
 - WMA/ASF
 - MP+ / MPC

Informatik der digitalen Medien

2. Grundlagen der Digitalisierung – Datenrepräsentation im Computer (4)

- **Audiokodierung und -komprimierung**
 - Sampling und Quantisierung
 - Pulse Code Modulation
 - Psychoakustik und menschliche Wahrnehmung
 - Verlustbehaftete MP3-Audiokodierung