



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)

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

2

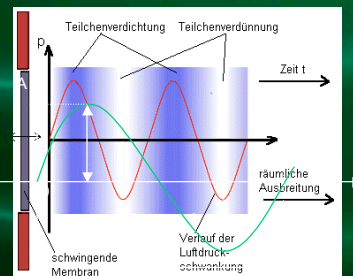
2. Grundlagen der Digitalisierung – Datenrepräsentation im Computer (4)

- 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)
 - Δt = Dauer einer Schwingung: Δt
 - Frequenz: $f = \frac{1}{\Delta t}$
- 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)

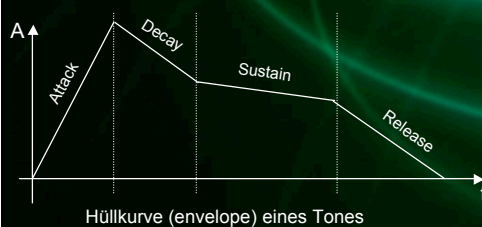
- 1db entspricht der Lautstärke, bei der ein Ton von 1 KHz gerade noch hörbar ist
- $p_0 = 0 \text{ db} \rightarrow$ Hörschwelle, entspricht Schalldruck von $20\mu\text{Pa}$

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

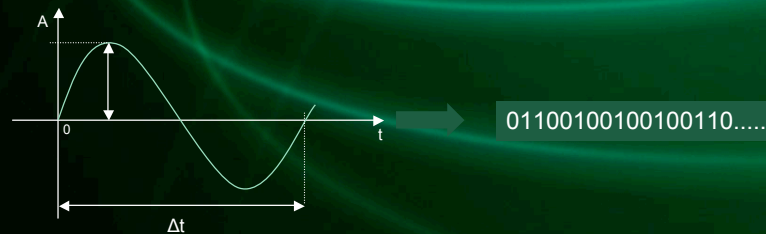
Gesamtheit aller Obertöne

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

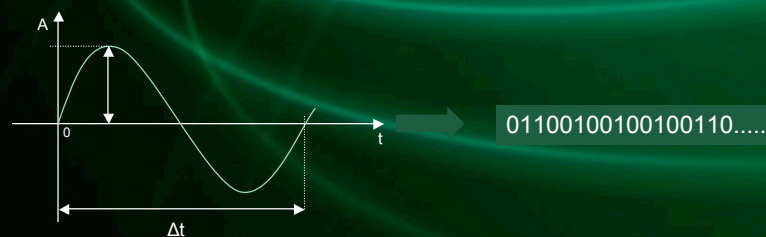
7

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

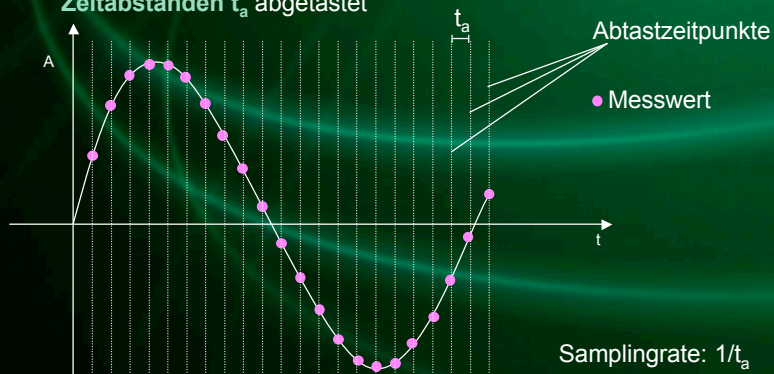
8

Audiokodierung und Komprimierung

- **Sampling und Quantisierung**

- **Analog-Digital-Wandlung**

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



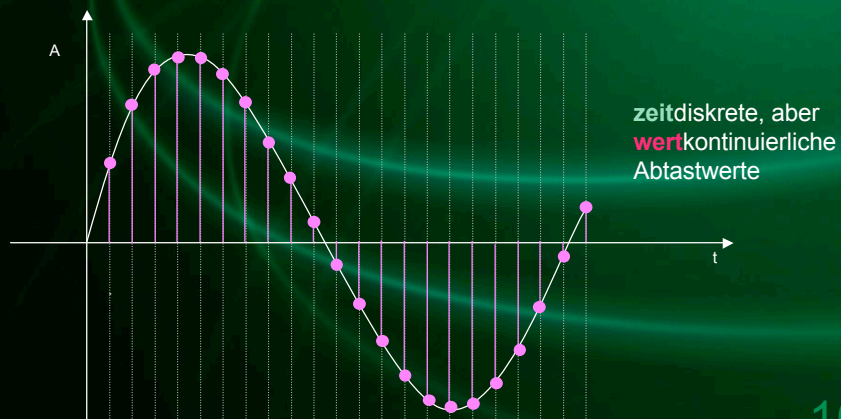
Informatik der digitalen Medien
Dr.rer.nat. Harald Sack, Institut für Informatik, Friedrich-Schiller-Universität Jena, Ernst-Abbe-Platz 2-4, D-0744 Jena, E-Mail: sack@minet.uni-jena.de

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

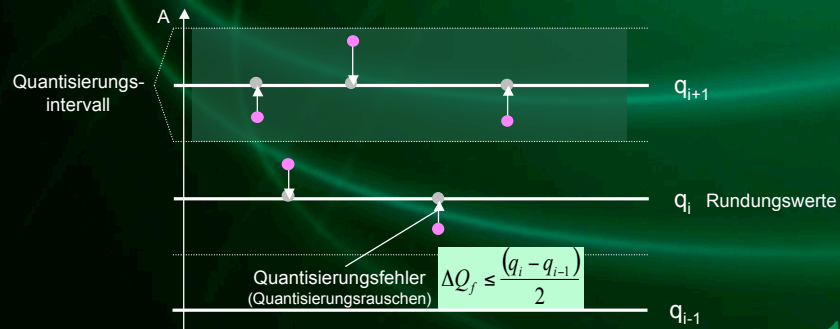
10

Audiokodierung und Komprimierung

- **Sampling und Quantisierung**

- **Analog-Digital-Wandlung**

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

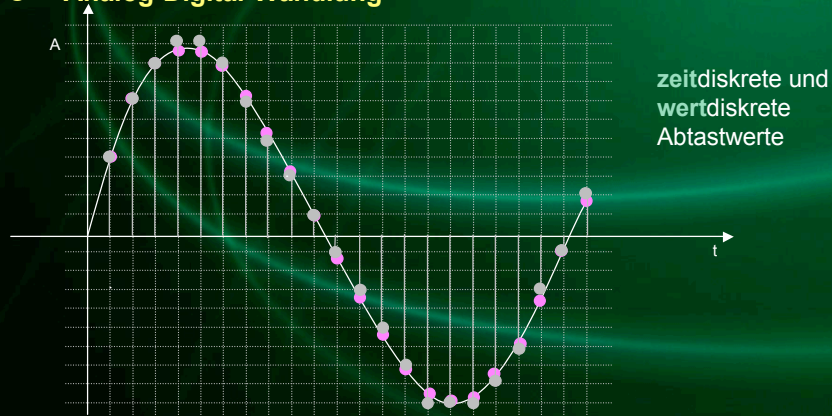


Informatik der digitalen Medien
Dr.rer.nat. Harald Sack, Institut für Informatik, Friedrich-Schiller-Universität Jena, Ernst-Abbe-Platz 2-4, D-0744 Jena, E-Mail: sack@minet.uni-jena.de

Audiokodierung und Komprimierung

- **Sampling und Quantisierung**

- **Analog-Digital-Wandlung**

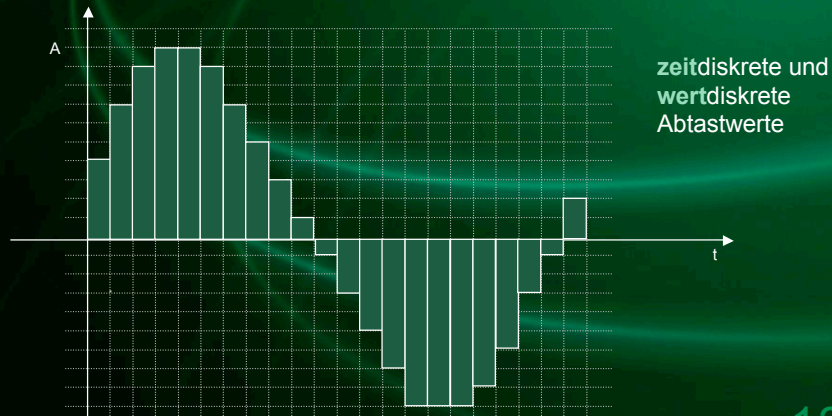


Informatik der digitalen Medien
Dr.rer.nat. Harald Sack, Institut für Informatik, Friedrich-Schiller-Universität Jena, Ernst-Abbe-Platz 2-4, D-0744 Jena, E-Mail: sack@minet.uni-jena.de

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:

$$f_a \leq \frac{1}{2\Delta t}$$

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

$$f_s \geq 2 \cdot f_a$$

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

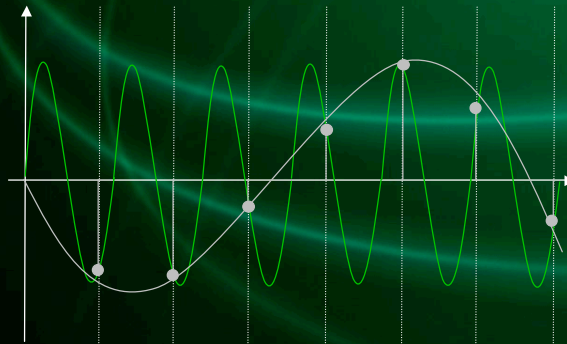
Audiokodierung und Komprimierung

- **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

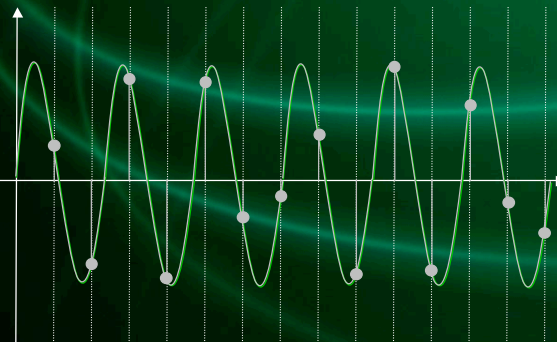
Audiokodierung und Komprimierung

- **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

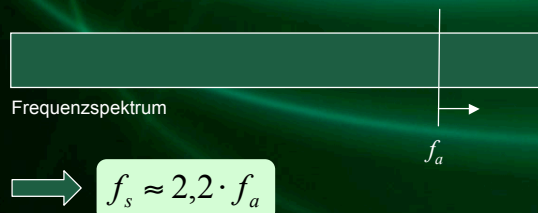
18

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

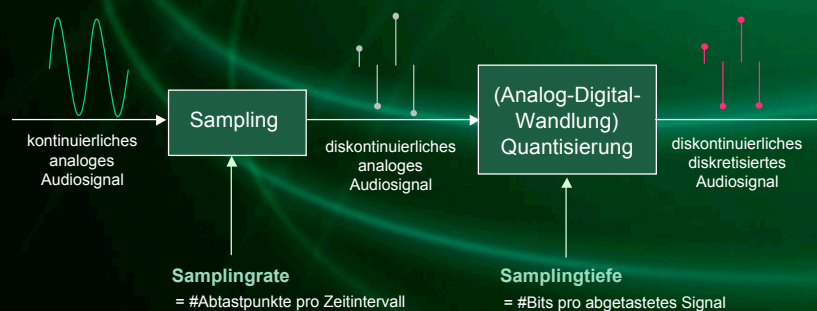


Audiokodierung und Komprimierung

- **Sampling und Quantisierung**

- **Analog-Digital-Wandlung**

- **Ablauf der Digitalisierung**



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-07444 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

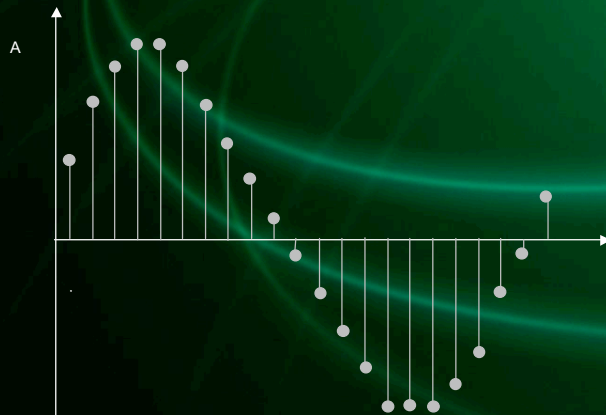
Informatik der digitalen Medien
Dr.rer.nat. Harald Sack, Institut für Informatik, Friedrich-Schiller-Universität Jena, Ernst-Abbe-Platz 2-4, D-07444 Jena, E-Mail: sack@minet.uni-jena.de

22

Audiokodierung und Komprimierung

● Pulse-Code Modulation (PCM)

○ = Digitalisierung eines analogen Audiosignals



Pulse-Amplituden-
moduliertes Signal



Alec A. Reeves
(1902-1971)

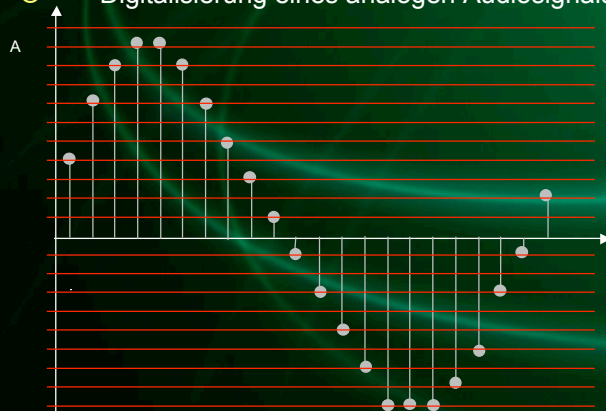
Informatik der digitalen Medien
Dr.rer.nat. Harald Sack, Institut für Informatik, Friedrich-Schiller-Universität Jena, Ernst-Abbe-Platz 2-4, D-0744 Jena, E-Mail: sack@minet.uni-jena.de

23

Audiokodierung und Komprimierung

● Pulse-Code Modulation (PCM)

○ = Digitalisierung eines analogen Audiosignals



Quantisierungsstufe

• n Stufen erfordern
 $k \geq \log_2 n$ Bits zur
Kodierung



Effiziente
Einteilung ???

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

24

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

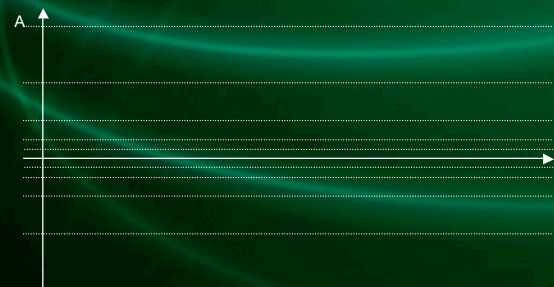
25

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

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:

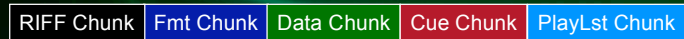
$$60s \cdot 44.100 \text{ 1/s} \cdot 16 \text{ bit} \cdot 2 = 84.672.000 \text{ bit} \\ = 10.584.000 \text{ Byte}$$

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

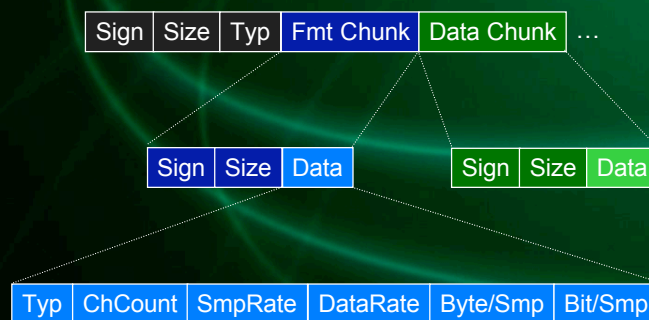


ähnlich aufgebaut: Apples AIFF

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

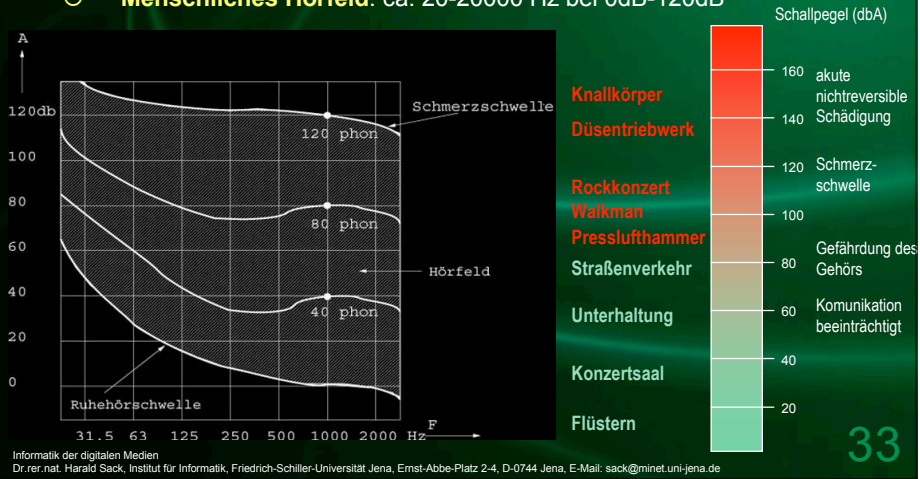
Audiokodierung und Komprimierung

- **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

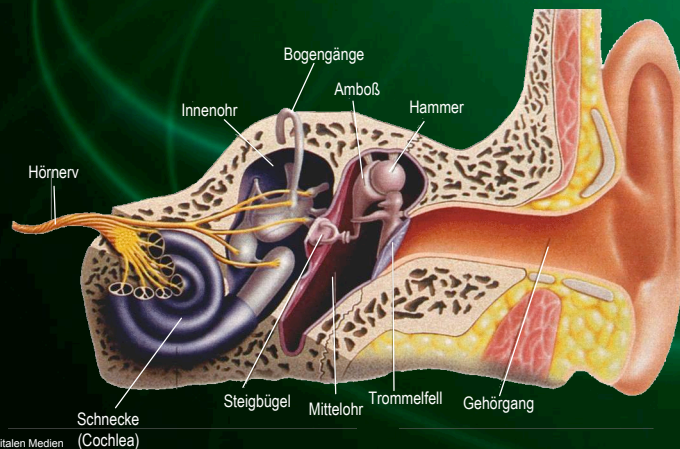


33

Audiokodierung und Komprimierung

- **Psychoakustik und menschliche Wahrnehmung**

- **Menschliches Gehör**



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-07444 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-07444 Jena, E-Mail: sack@minet.uni-jena.de

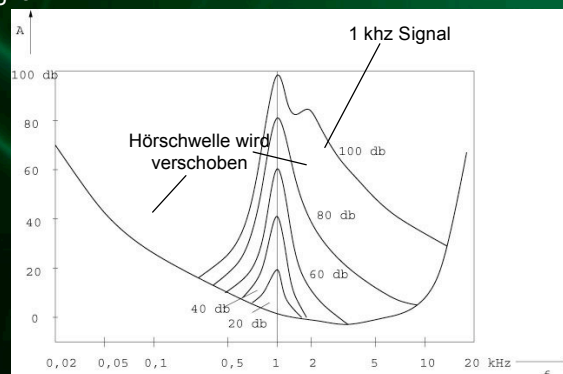
36

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

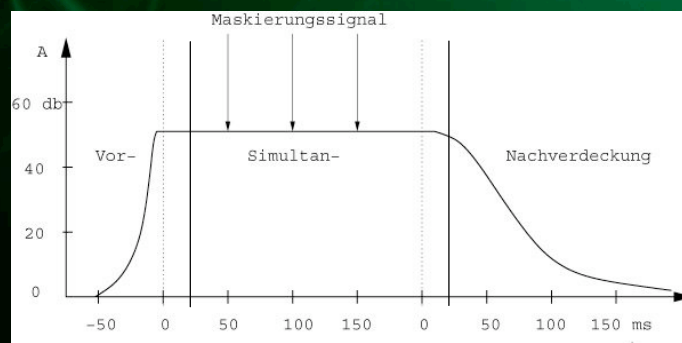
37

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

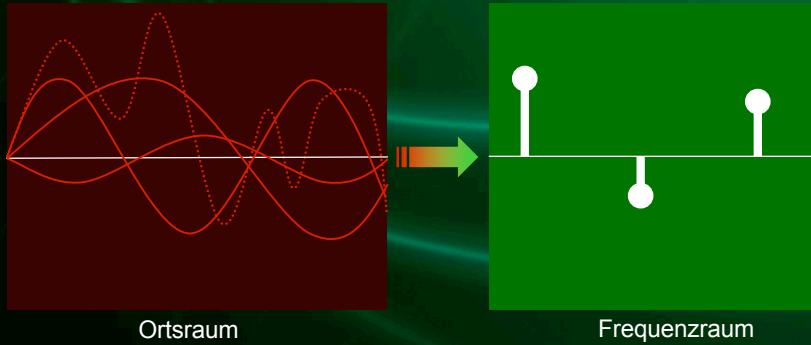
- **Verlustbehaftete MP3-Audio-Komprimierung**
 - **MP3-Kodierung**
 - **Predictive Coding**
 - Wissen über bereits kodiertes Signal wird zur Vorhersage des Folgesignals benutzt (nur Differenz wird kodiert)
 - **Spektral-Transform Coding**
 - Fourier-Transformation des Wellensignals (Überführung von 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

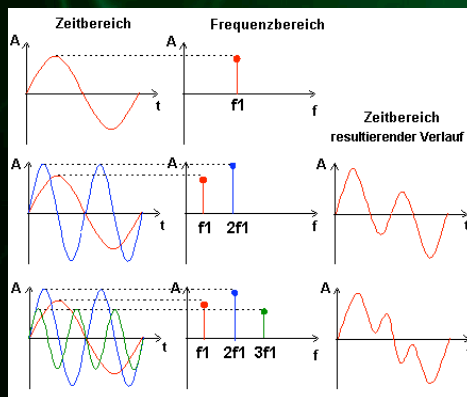


Informatik der digitalen Medien
 Dr.rer.nat. Harald Sack, Institut für Informatik, Friedrich-Schiller-Universität Jena, Ernst-Abbe-Platz 2-4, D-0744 Jena, E-Mail: sack@minet.uni-jena.de

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

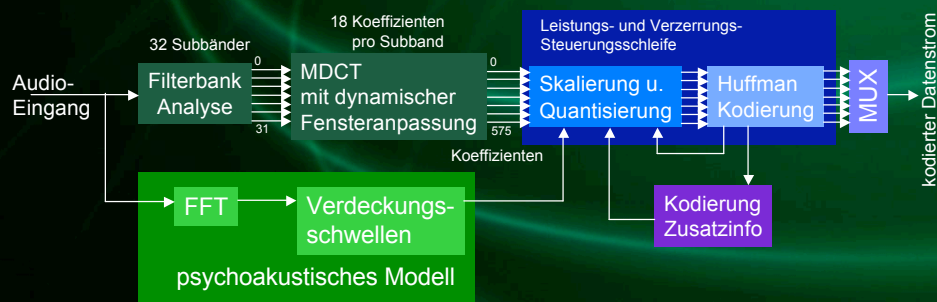
44

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

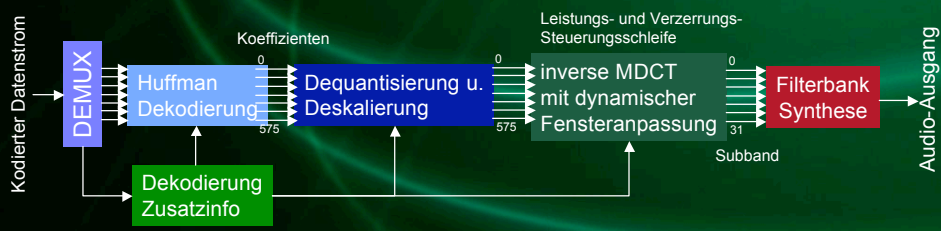
46

Audiokodierung und Komprimierung

- **Verlustbehaftete MP3-Audio-Komprimierung**

- **MP3-Dekodierung**

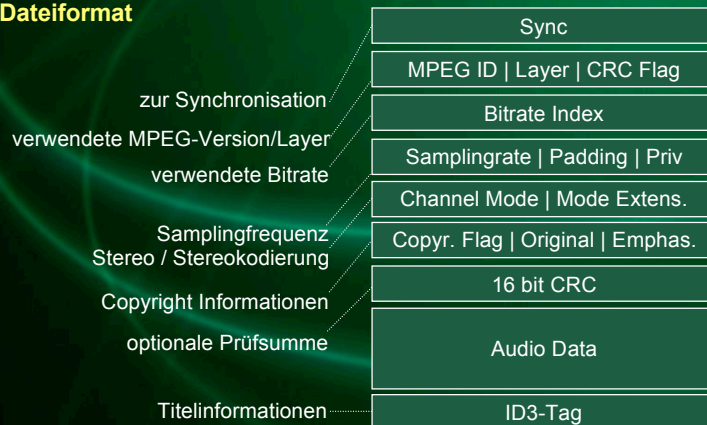
- **Ablauf**



Audiokodierung und Komprimierung

- **Verlustbehaftete MP3-Audio-Komprimierung**

- **MP3-Dateiformat**



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