



## 2 Medientypen

### 2.3 Audio

## Schall

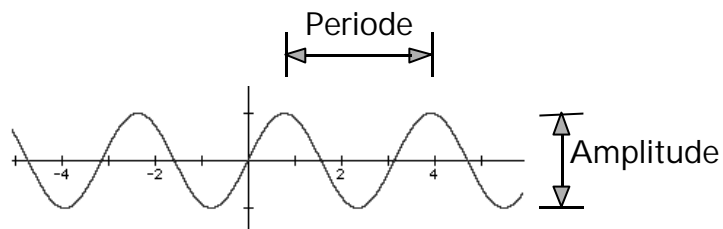


- Schall entsteht durch Vibration eines physikalischen Werkstoffes
- Die Vibration löst Druckwellenschwankungen in der umgebenden Luft aus

## Schall



- Periode bzw. Frequenz entspricht Tonhöhe
- Amplitude entspricht Lautstärke



Folie 85

## Ton, Klang, Geräusch



- Töne
  - Sinusförmige Schwingung
- Klänge
  - Aus mehreren Tönen zusammengesetzt
- Geräusch
  - unregelmäßige Schwingungen
- Fourier:
  - Jede Schwingung kann als Summe von Sinusschwingungen dargestellt werden



Folie 86

## Frequenzbereiche



- Infraschall 0 – 20 Hz
- Hörschall 20 Hz – 20 kHz
  - Sprache 200 Hz – 2 kHz
  - Trompete 50 Hz – 1 kHz
  - Klavier 20 Hz – 4 kHz
  - Orgel 10 Hz – 15 kHz
- Ultraschall 20 kHz – 1 GHz
- Hyperschall 1 GHz – 10 THz

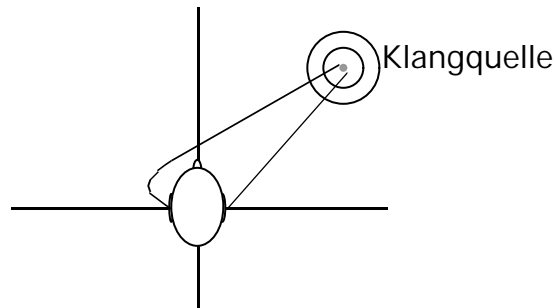


Folie 87

## Räumliches Hören



- Unterschiedliche Laufzeiten von der Klangquelle
- Psychoakustische Perspektive

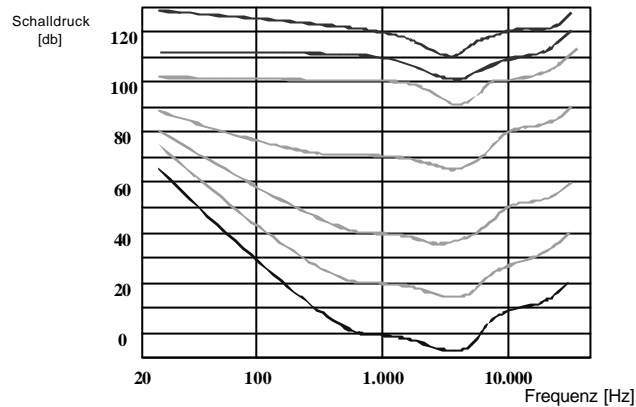


Folie 88

## Lautstärkeempfinden



- Fletcher-Munson (1933)
  - Kurven gleichen Lautstärkeempfindens



Folie 89

## Digitales Audio



- Telekommunikation
  - Digitale Übertragung der Sprache (z.B. ISDN, GSM)
- Unterhaltungsindustrie
  - Digitale Konservierung von Musik (z.B. CD)
  - Audio als Komponente digitalen Fernsehens



Folie 90

## Repräsentation von digitalem Audio



- Gekennzeichnet durch A/D-Wandler am Eingang und D/A-Wandler am Ausgang
- A/D Wandlung
  - Abtasten (Sampling)
  - Quantisierung

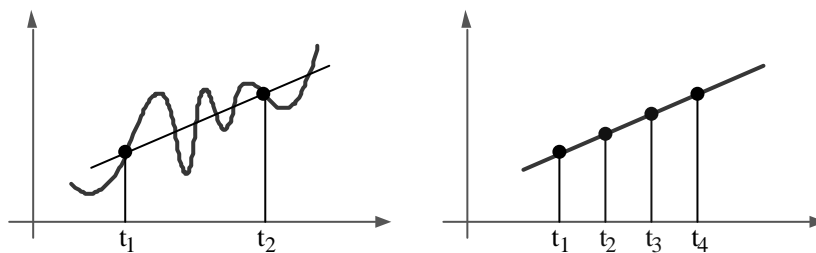


Folie 91

## Abtasten



- Anzahl Abtastwerte pro Zeiteinheit?

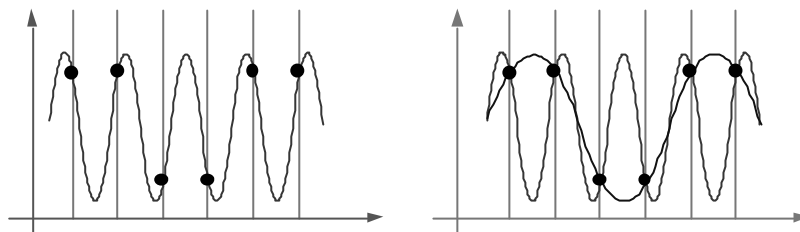


Folie 92

## Abtasten



- Nyquist-Theorem
  - Abtastfrequenz  $> 2 \cdot$  (höchste Frequenz)
- Aliasing-Effekt bei zu niedrigen Abtastraten

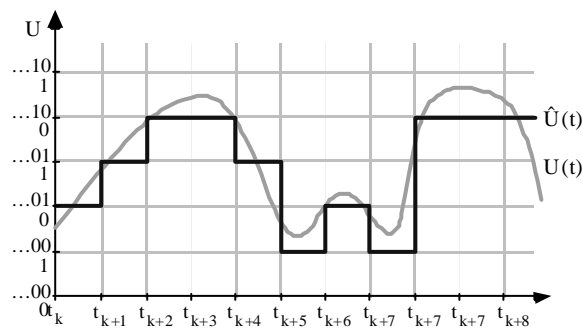


Folie 93

## Quantisierung



- Wandlung analoger Werte in digitale, diskrete Werte
- Annäherung des analogen Signals durch Treppenfunktion

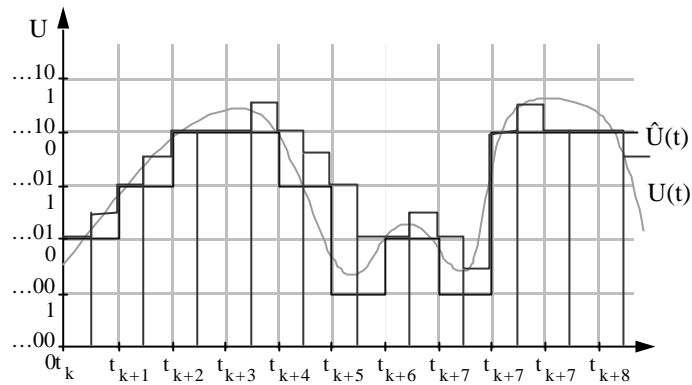


Folie 94

## Oversampling



- Abminderung der Stufen durch Interpolation



Folie 95

## Audio - Dimensionen



- Typische Abtastraten
  - 8 kHz ~ Mittelwelle Radio, Telefon
  - 11.025 kHz
  - 22.05 kHz CD Mono
  - 44.1 kHz CD Stereo
  - 48 kHz DAT
- Bit-Tiefe
  - 8 Bit
  - 16 Bit CD-Qualität
- Kanäle
  - 1 Mono
  - 2 Stereo
  - 3, 4, 6, ... Surround Sound

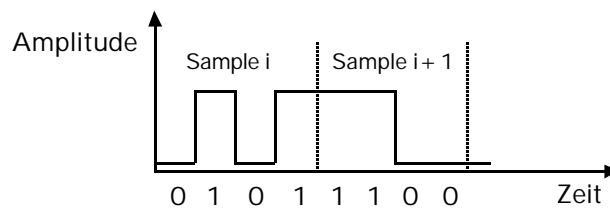


Folie 96

## Kodierungsverfahren



- Pulse Code Modulation, PCM
  - Kodierung eines Signals als Folge von Pulsen
  - Beispiel mit Samplegröße = 4 Bit

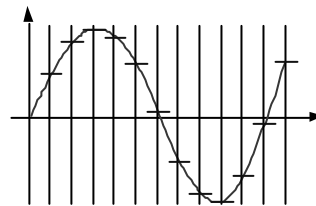


Folie 97

## Kodierungsverfahren



- Adaptive Delta Pulse Code Modulation
  - Reduziert die Datenrate durch Kodierung der Differenzen
  - Stetiges, glattes Eingangssignal
  - $E(s_j) - E(s_{j-1}) \ll E(s_j)$
  - Übertragung der Differenzen zwischen Samples
  - Variable Bitlänge des Codes



## Gängige Audioformate



	CD Audio	DAT	G.721	A-law $\mu$ -law
Sampling rate (kHz)	44,1	32; 44,1; 48	8	8
Samplegröße	16	16	16 (decoded) 4 (encoded)	8
Quantisierung	linear	linear	linear	logarithmisch
Kanäle	2	2	1	1
Datenrate pro Kanal [1000bit/s]	705	768	32	64
Kodierung	PCM	PCM	ADPCM	PCM



Folie 99

## Repräsentation von Musik



- Problem
  - Was ist Musik und was nicht mehr?
  - Kulturelle Eigenarten
- Strukturelle Information statt Audiosamples
  - Probleme
    - Instrumente
    - Klangfarben
    - Individuelle Interpretationen
- Operationelle vs. Symbolische Repräsentationen

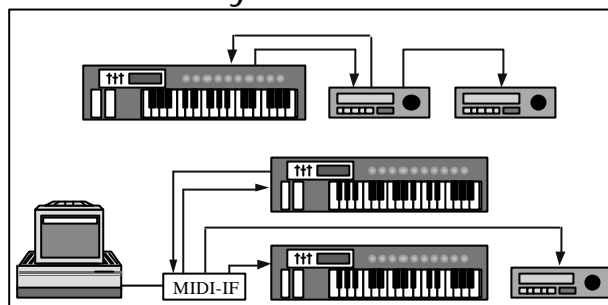


Folie 100

## Musical Instrument Digital Interface, MIDI



- Operationelle Repräsentation
- Anfang 1980er von Musikequipment-Herstellern definiert
  - Menge von MIDI-Messages zum Aufbau eines MIDI-Systems



Folie 101

## MIDI Komponenten



- Sequencer
  - Gibt synchronisiert MIDI-Nachrichten an MIDI-Synthesizer
- Synthesizer
  - Empfängt MIDI-Nachrichten
  - Generiert Ton aus „Palette“
  - Schickt selbst MIDI-Nachrichten
    - Verkettung von MIDI-Devices



Folie 102

## MIDI Konzepte I



- Channel
  - 16 Nachrichtenkanäle pro Verbindung
  - Device reagiert auf alle oder spezifisch
- Key Number
  - Nummer der Note (128)
- Controller
  - 128 Controller zur Einstellung der Soundreproduktion
  - z.B. Modulation, Pedale, Balance



Folie 103

## MIDI Konzepte II



- Patch/Program
  - Audiopalette eines Synthesizers
  - Multi-timbral: mehrere Patches sind aktiv
- Polyphonie
  - Mehrere Töne können gleichzeitig gespielt werden



Folie 104

## MIDI Konzepte III



- Song
  - MIDI Nachrichtensequenz
  - Song Position Pointer bestimmt gegenwärtigen Zeitpunkt
- Timing Clock
  - Zeitbasis gemessen in Parts per Quarternote (PPQ)
  - Typische Werte: 24, 96, 480 PPQ
  - Transfer in physikalische Zeit durch Tempo in BPM (beats per minute)



Folie 105

## MIDI Konzepte IV



- MIDI Synchronization
  - Internal Sync: Device dient als Master und nutzt interne Uhr
  - External Sync: Device ist Slave und nutzt Clock Messages
- MIDI Time Code
  - Synchronisation von MIDI Geräten mit Film oder Video



Folie 106

## MIDI Protokoll



- 8-bit Code Nachrichten
  - 1 Command Byte plus Data Bytes
- 31250 Bit/Sek.
  - Ca. 500 Noten pro Sekunde
- Damit sind nur kleine bis mittlere MIDI-Konfigurationen zu steuern
- MIDI wird oft auch für Stage Technology verwendet
  - Lichtanlage
  - Special Effect Steuerung



Folie 107

## MIDI Beispiel



(NoteOn, #, Vel),  
(NoteOn, #, Clock, Vel),  
(NoteOn, #, Vel),  
(NoteOff, #, Vel),  
(Cntl, Tremolo, 42),  
...



Folie 108

## SMDL



- Standard Music Description Language
- Definiert von ANSI MIPS
  - Music Information Processing Standards
- Eine Anwendung von SGML
  - Standard Generalized Markup Language
- Document Type Musical Works



Folie 109

## SMDL



- Hierarchisch strukturierte Sektionen
  - Core
    - die Noten, Partitur, Komponist, etc. als Ereignisse
  - Gestural
    - die Performances, Interpretationen
  - Visual
    - visuelle Darstellung des Core inkl. Liedtexte
  - Analytical
    - theoretische Analysen zum Werk
- SMDL ist in HyTime subsumiert



Folie 110