

# Schallaufzeichnung

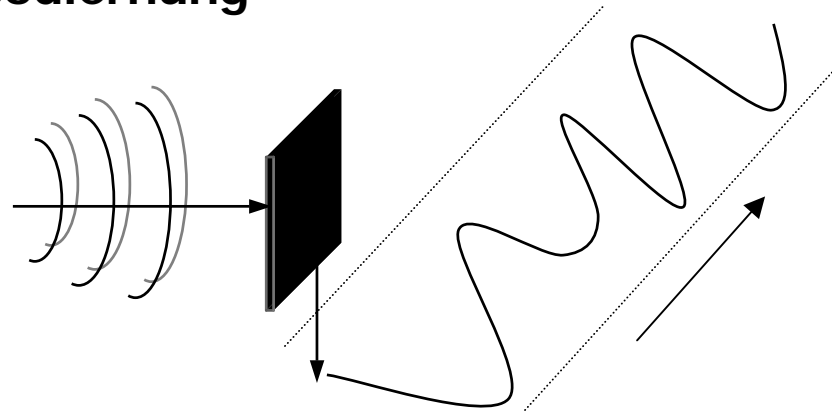
- Wichtige Eigenschaft:  
zeitliche Abnahme der Schallintensität
- Akustische Ereignisse sind  
zeitliche Phänomene mit Anfang und Ende
- Akustische Ereignisse sind vergänglich
- Akustische Ereignisse müsse  
„Jetzt oder Nie“ gehört werden

## Schallaufzeichnung

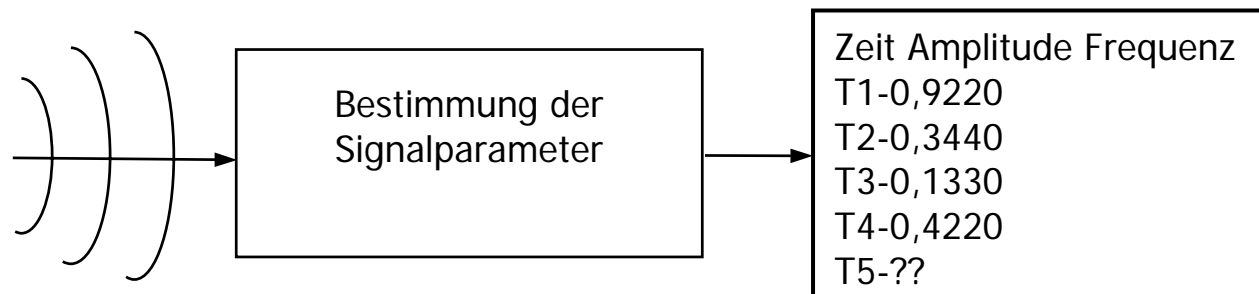
- Gleichzeitigkeit von Entstehung, Ereignis und Rezeption
- → Vorzüge von Musik (bzw. Schallsignalen):  
Direktheit, emotionale Wirkung
- ABER:
  - Wunsch nach Wiederholung
  - auch rationale Beschäftigung notwendig
  - Aufzeichnung von Schallsignalen
- Gleichzeitigkeit wird aufgehoben  
Unterschied zwischen Live-Event und CD bleibt

# Grundprizipien der Schallaufzeichnung

## Signalformcodierung



## Parametrische Signalaufzeichnung



# Grundprizipien der Schallaufzeichnung

## → DIREKTE SCHALLAUFZEICHNUNG

Signalform-Codierung

Beispiele:

WAV-Files

Compact Disc

DVD-Audio, SACD

## → INDIREKTE SCHALLAUFZEICHNUNG

parametrische Codierung

Beispiele:

Notenschrift

(Laut)schrift

MIDI

SA – Structured Audio, MPEG-4, MPEG-7

## **Parametrische Codierung – indirekte Schallaufzeichnung**

- Bestimmung der wichtigsten Eigenschaften  
→ Aufzeichnung mit geeigneten Mitteln
- Technischer Aufwand ist von der Komplexität des Signals abhängig
- Anpassung an Wiedergabebedingungen ist einfach
- Datenmenge ist vergleichsweise gering

# Parametrische Codierung – indirekte Schallaufzeichnung

- Wiedergabe:
  - Schallquelle unbedingt erforderlich
- Wiedergabe kann/wird vom Original abweichen
- Parameteränderungen jederzeit möglich
- Anpassung an geänderte Wiedergabebedingungen ist problemlos

## **Signalformcodierung – direkte Schallaufzeichnung**

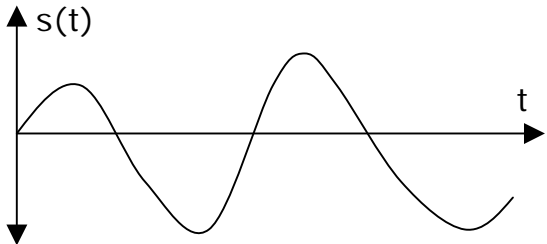
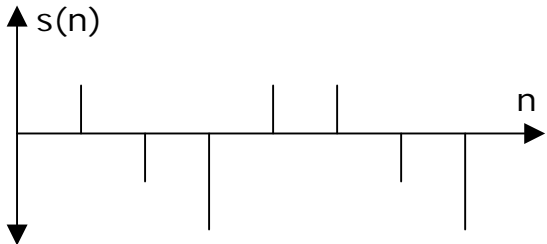
- Signalform soll 1:1 aufgezeichnet werden
- Umwandlung in eine speicherbare Energieform
- Aufzeichnung mit geeigneten Mitteln
- Länge des Signals bestimmt den technischen Aufwand
- Komplexität des Signals spielt keine Rolle
- Datenmenge ist vergleichsweise groß

## **Signalformcodierung – direkte Schallaufzeichnung**

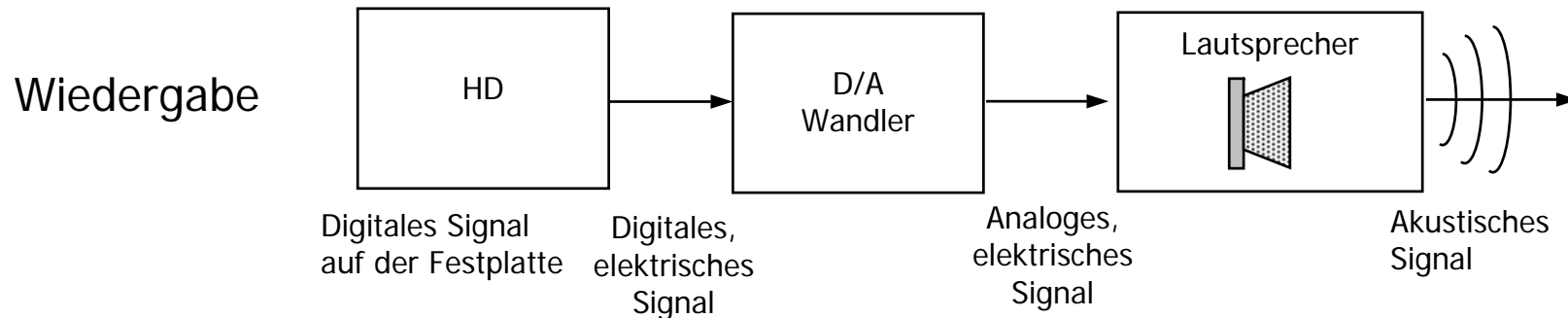
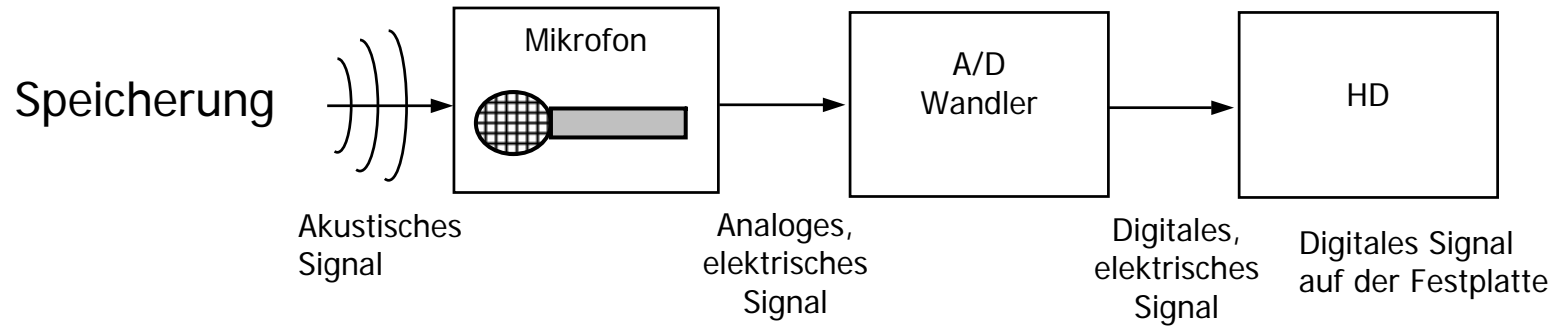
- Wiedergabe:
  - Rückwandlung in Schall
- Wiedergabe erfolgt weitgehend originalgetreu
- Parameteränderungen nur bedingt möglich
- Anpassung an geänderte Wiedergabebedingungen ist schwierig



# Digitale Schallspeicherung

ANALOG	DIGITAL
<p>Signal ist zu jedem <b>beliebigen Zeitpunkt</b> definiert und kann <b>beliebige Amplitudenwerte</b> annehmen.</p>  <p>→ In jedem Zeitintervall: unendlich viele Zeit- und Amplitudenwerte → kontinuierlicher Signalverlauf</p>	<p>Signal ist nur zu <b>bestimmten Zeitpunkten</b> definiert und kann nur ganz <b>bestimmte Amplitudenwerte</b> annehmen.</p>  <p>→ In jedem Zeitintervall: endlich viele Zeit- und Amplitudenwerte → diskreter Signalverlauf</p>

# Digitale Schallspeicherung



# Digitale Schallspeicherung

Die **UMWANDLUNG** des analogen Signals in ein digitales (und umgekehrt) wird meist auf der **SOUNDCARD** des Computers durchgeführt.

Oft ist bereits ein **DIGTALES SIGNAL** verfügbar.

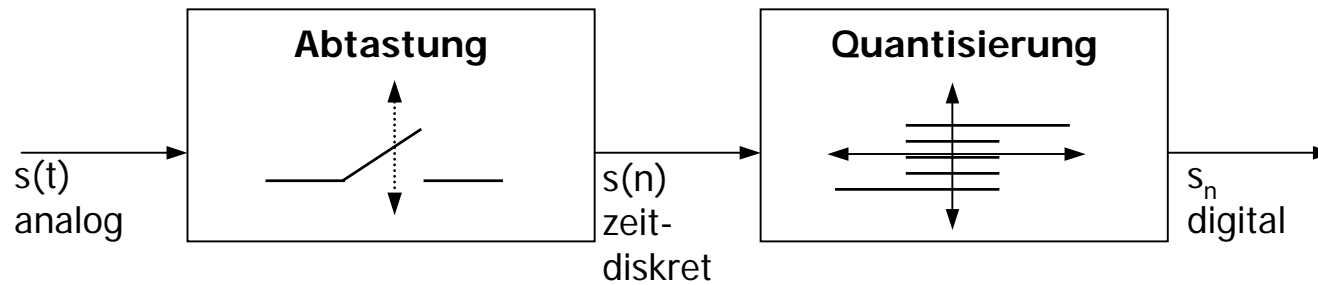
z.B. von CD – Compact Disc, MD – Mini Disc, DAT – Digital Audio Tape u.a.

Diese sollen unbedingt **DIGITAL** zur weiteren Verarbeitung in den Computer überspielt werden.

Einige Soundcards bieten zu diesem Zweck **DIGITALE SCHNITTSTELLEN**. Weit verbreitet ist die sogenannte **SPDIF-Schnittstelle**.

Unnötige Umwandlungen von Analog auf Digital (und umgekehrt) sind unbedingt zu vermeiden!

# Analog-Digital-Wandlung



# Abtastung

## Abtastwert:

Messwerte des analogen Signals (= ABTASTWERTE) werden zu genau festgelegten Zeitpunkten ermittelt.

## Abtastintervall:

Das Zeitintervall zwischen je zwei Zeitpunkten für die Abtastung muss immer konstant bleiben. Es wird als *Abtastintervall*  $T_S$  (oder auch Abtastperiode oder Samplingperiode) bezeichnet.

## Samplingfrequenz:

Die *Samplingfrequenz*  $f_S$  gibt an, wie viele Abtastwerte innerhalb einer Sekunde erfasst werden.

$$f_S = 1 / T_S$$

## Abtastung: Nyquist-Theorem

Die Samplingfrequenz muss mindestens doppelt so groß sein, wie die höchste im Signal vorkommende Teilfrequenz.

$$f_s > 2 f_{\max}$$

Eine fehlerfreie Rückwandlung ist nur möglich, wenn das Nyquist-Theorem erfüllt wird.

→ Die Samplingfrequenz muss daher mindestens doppelt so groß sein, wie die maximale im Signal enthaltenen Frequenz.

→ Vor der Abtastung muss eine **TIEFPASS-FILTERUNG** des Signals notwendig.

→ Wird das Nyquist-Theorem nicht eingehalten, so treten Fehler auf, die als **ALIASING** bezeichnet werden.

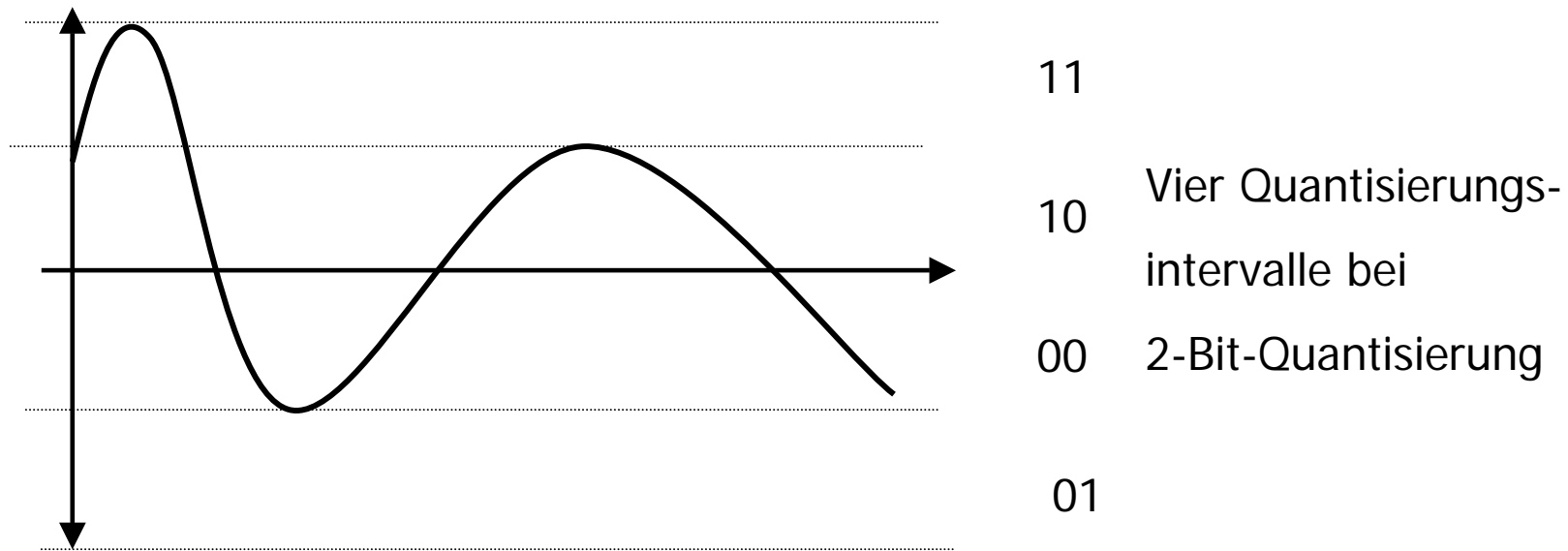
## Wichtige Samplingfrequenzen

Medium	CD	MD	DAT	DVD-Audio	DV	Digitale Telefonie
Samplingfrequenz in Hz	44100	44100	48000 (auch 44100 und 32000 möglich)	bis 96000	48000	8000

Im Allgemeinen kann die Samplingfrequenz bei Software zur Audibearbeitung gewählt bzw. eingestellt werden.

Die Wahl wird vor allem vom Zielmedium (CD, DV etc.) bestimmt!

## Quantisierung



### Quantisierungsintervall:

Der verfügbare Amplitudenbereich wird in eine bestimmte Anzahl von Quantisierungsintervallen unterteilt.

### Quantisierungs-Bit:

Die Anzahl der Intervalle wird von den Bit bestimmt, die für die Speicherung des digitalen Signals zur Verfügung gestellt werden.



## Quantisierungsfehler

Der Wert des Quantisierungsintervalls entspricht i.A. nur näherungsweise dem Wert der Signalamplitude.

- Der auftretende Quantisierungsfehler wirkt
  - als Störgröße im aufgezeichneten Signal.
  - Quantisierungsrauschen
- Der Fehler ist umso kleiner,
  - je mehr Quantisierungsintervalle verwendet werden bzw.
  - je mehr Bit für die Quantisierung zur Verfügung stehen.
- Mit jedem Bit steigt das Signal-Rausch-Verhältnis um 6 dB.

## Quantisierung

<b>Medium</b>	CD	MD	DAT	DVD- Audio	DV	Digitale Telefonie
<b>Bit Quantisierung</b>	16	16	16	bis 24	16	8

Die meisten digitalen Aufzeichnungsverfahren für Audiosignale arbeiten mit  
16-Bit-Quantisierung!

Professionelle Verfahren erlauben mittlerweile vielfach auch  
24-Bit-Quantisierung!

Einige Audio-Programme können intern sogar mit  
32-Bit-Quantisierung arbeiten.

## System-Dynamik

Mit jedem Bit steigt das Signal-Rausch-Verhältnis um rund 6 dB.

CD:	16 Bit → ca. 96 dB SNR
DVD:	24 Bit → ca. 144 dB SNR
Digitale Telefonie:	8 Bit → ca. 48 dB SBR

Damit Übersteuerung vermieden wird, muss bei der digitalen Aufnahme ein sog. **HEADROOM** von ca. 12 dB berücksichtigt werden.

Damit Signalwerte mit geringem Pegel nicht im (Quantisierungs)rauschen untergehen, muss bei der digitalen Aufnahme ein sog. **FOOTROOM** von ca. 20 dB berücksichtigt werden.

→ Die verfügbare System-Dynamik beträgt somit:

CD:	ca. 66 dB
DVD:	ca. 112 dB
Dig. Telefonie:	ca. 16 dB

→ Der Dynamik-Bereich des menschlichen Gehörs liegt bei rund 120 dB.

## Übertragungsrate (Datenrate)

Je höher die Samplingfrequenz und je größer die Anzahl der Quantisierungsbit, desto

- besser ist die Qualität des Aufzeichnung
- mehr Speicher wird verbraucht
- mehr Rechenleistung wird für die Bearbeitung benötigt

## Übertragungsrate (Datenrate)

### Bitrate:

Anzahl der Bit, die pro Sekunde aufgezeichnet werden müssen.

$$BR = n \cdot f_s \text{ [bit/s]}$$

### Übertragungsrate:

Anzahl der erforderlichen Bits zur Aufzeichnung bzw. Übertragung auf einem bestimmten Speichermedium.

$$UR = A \cdot n \cdot f_s \text{ [bit/s]} = A \cdot n \cdot f_s \text{ (bit/s)} / 1024 \text{ [kbit/s]}$$

### Übertragungsrate der CD (44,1 kHz, 16 Bit, stereo):

$$\begin{aligned} UR \text{ (CD)} &= 2 \cdot 44100 \cdot 16 = 1411200 \text{ Bit/s} = 172,27 \text{ kbyte/s} \\ &= \text{ca. } 10 \text{ MB pro Minute} \end{aligned}$$

## Wichtige Formate zur Schallaufzeichnung

<b>Format</b>	<b>Sampling-frequenz (in kHz)</b>	<b>Quantisierungs- Bit</b>
CD	44,1	16
DV	48	16
DVD-Audio	bis 96	bis 24
SACD	Bis 96	bis 24
DAT	48 (auch 44,1 und 32)	16
MD	44,1	16 (komprimiert!!!)
*.wav	einstellbar	einstellbar
*.AIFF	einstellbar	einstellbar
*.mp3	einstellbar	einstellbar (komprimiert!!!)