

# Einführung in die Phonetik und Phonologie

SoSe 2023

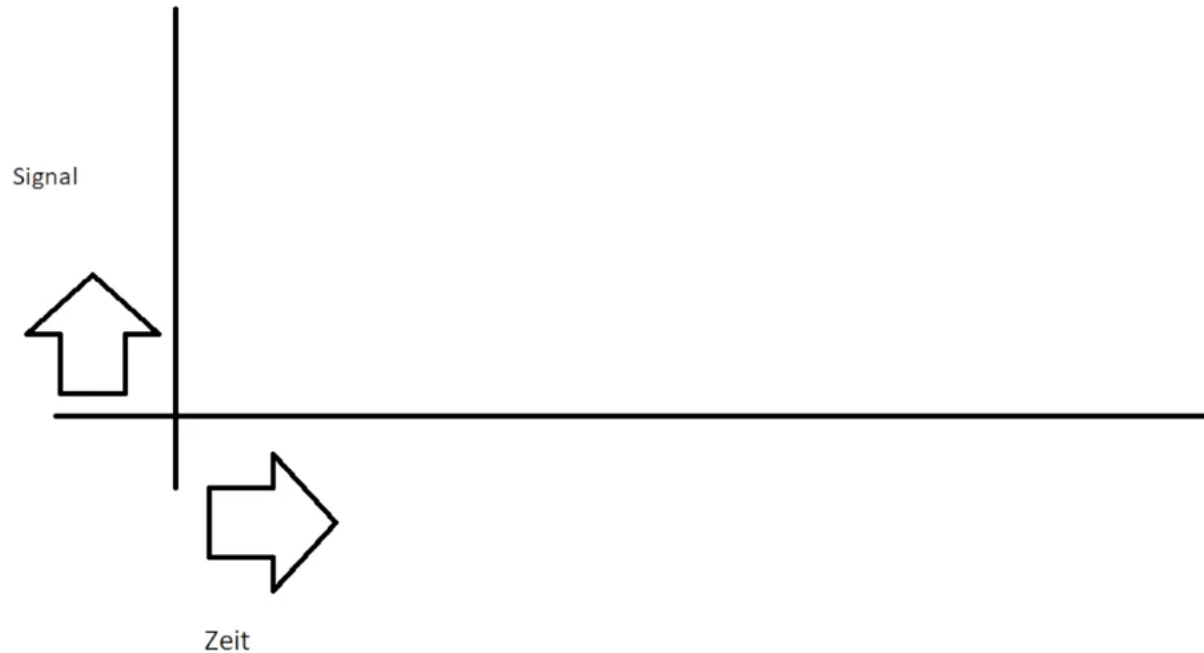
## Digitalisierung von Sprachsignalen

Bernd Möbius / Bistra Andreeva

Sprachwissenschaft und Sprachtechnologie  
Universität des Saarlandes



# Kontinuierliche und diskrete Signale

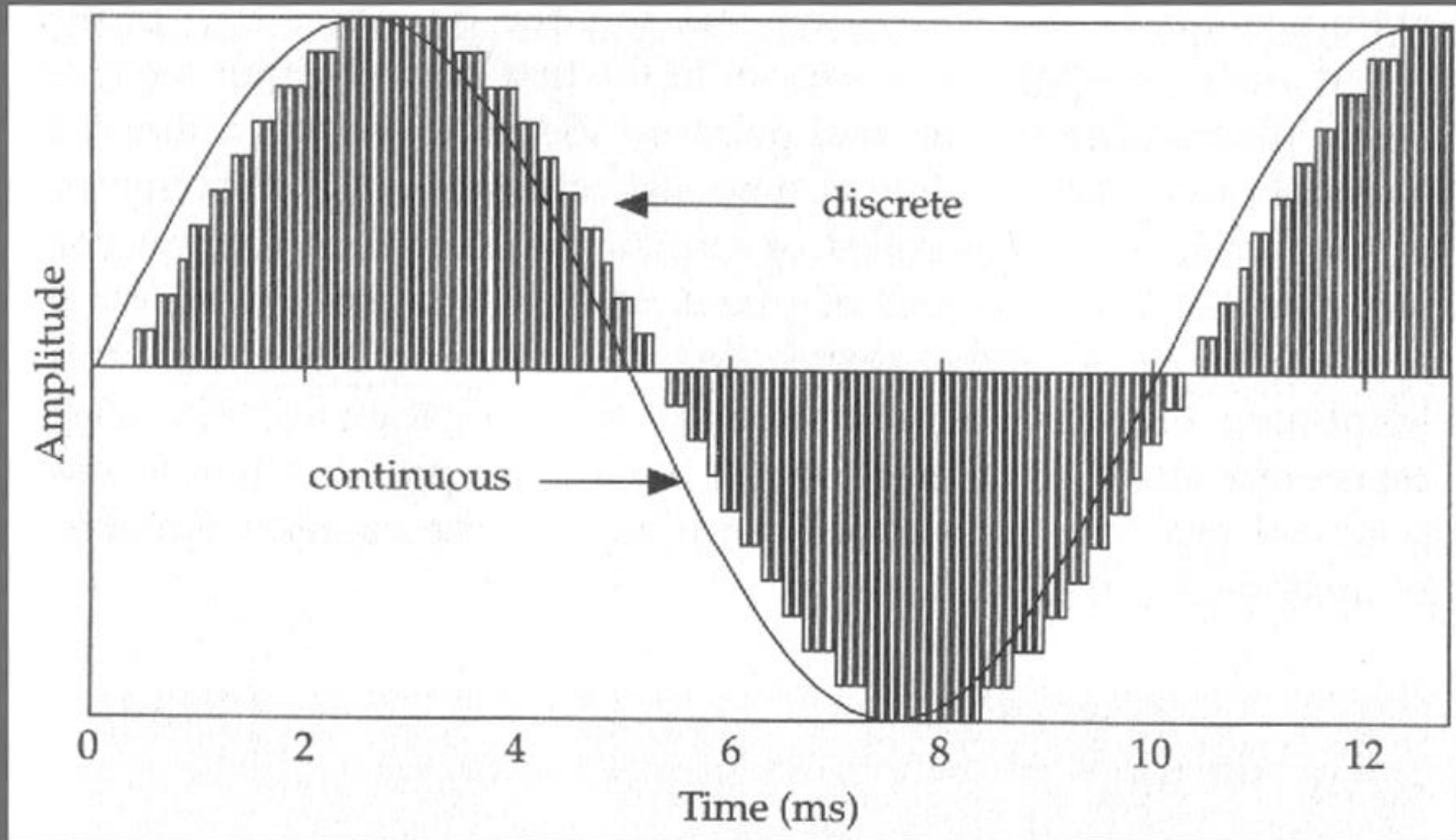


<https://youtu.be/aXnvaB1EFDA>

# Kontinuierliche und diskrete Signale

- kontinuierliches (analoges) Signal
  - graphisch repräsentiert als kontinuierliche Kurve
  - Amplitudenwerte zu allen Zeitpunkten
  - theoretisch unendlich viele Zeit- und Amplitudenwerte (beliebig viele Stellen nach dem Komma, z.B. "Amplitude von 3.211178... Volt bei 1.034678 Sek.")
- diskretes (digitales) Signal:
  - graphisch repräsentiert durch einzelne, diskrete Balken
  - Sequenz separater Amplitudenwerte
  - begrenzte Anzahl unterschiedlicher Zeit- und Amplitudenwerte

# Kontinuierliche und diskrete Signale

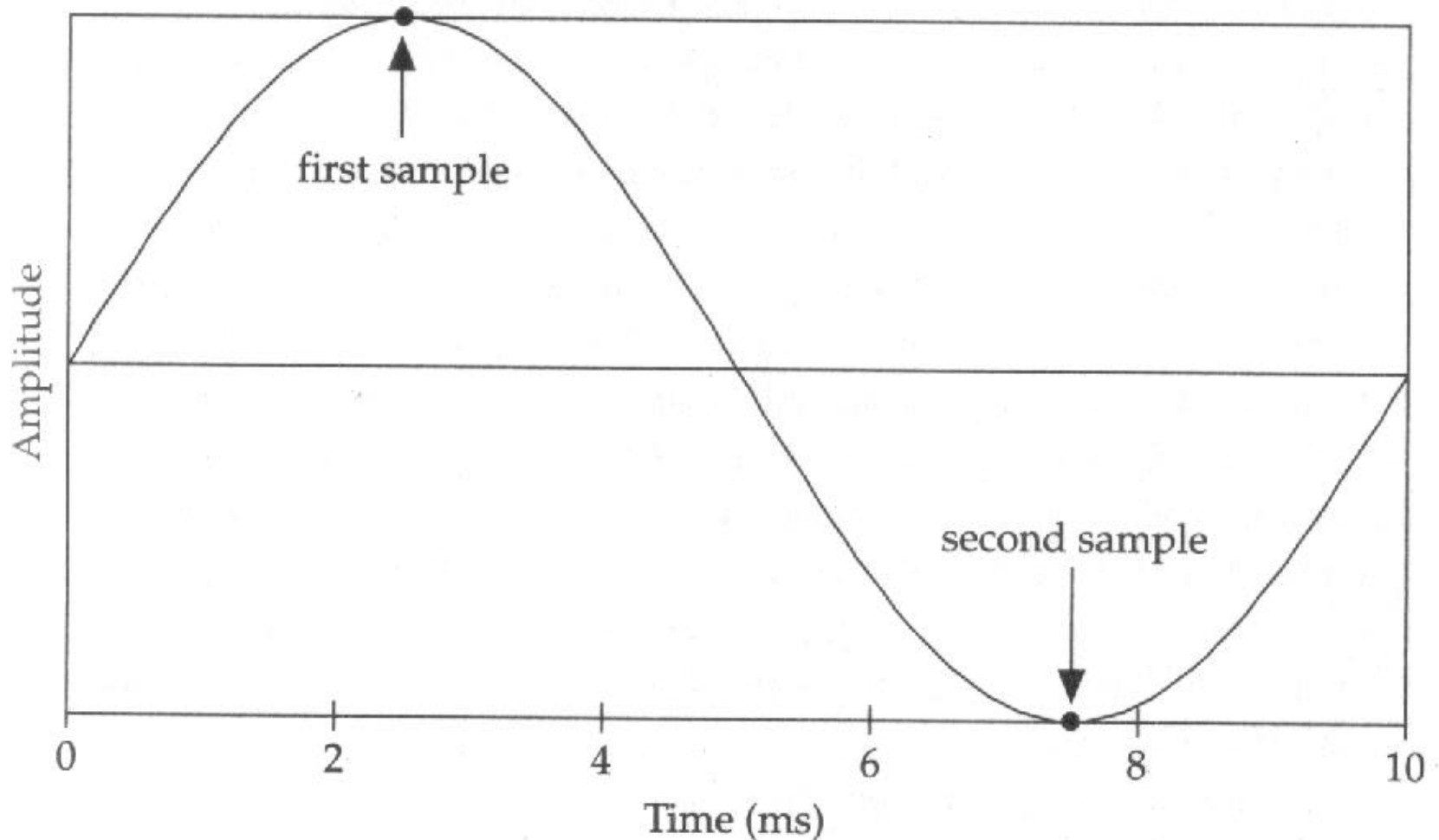


Kontinuierliche und diskrete Sinusschwingung [Johnson, 1997, S.23]

# Analog-Digital-Konvertierung

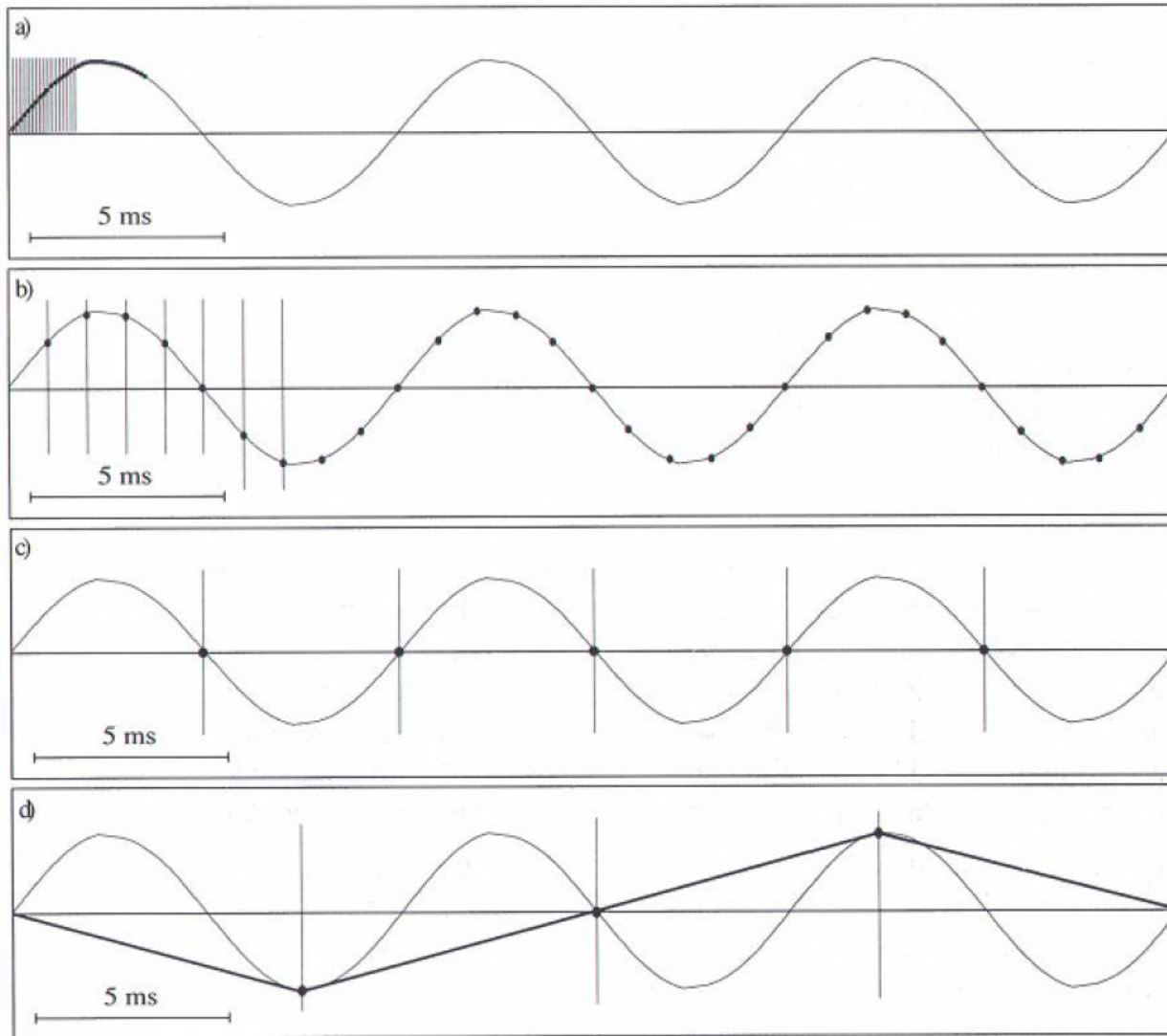
- A/D-Konvertierung – Schritt 1: **Abtastung** (*sampling*)
  - Begrenzung der Nachkommastellen auf der Zeitachse
  - scheinbarweise Zerlegung des kontinuierlichen Zeitsignals
    - diskrete Zeitpunkte: Abtastwerte (*samples*)
    - Dichte der Abtastwerte pro Zeiteinheit (Sek.): Abtastrate (*sampling rate*) oder Abtastfrequenz (*sampling frequency*) [Hz]
- A/D-Konvertierung – Schritt 2: **Quantisierung** (*quantization*)
  - Begrenzung der Nachkommastellen auf der Amplitudenachse
  - scheinbarweise Zerlegung der kontinuierlichen Amplituden
    - diskrete Amplitudenwerte: Amplitudenstufen
    - Dichte der Amplitudenwerte: Quantisierungsgenauigkeit (*quantization accuracy*) [bit]

# Abtastung



Die Periodizität einer Sinusschwingung lässt sich mit (mind.) 2 Abtastwerten darstellen. [Johnson, 1997, S.25]

# Abtastung

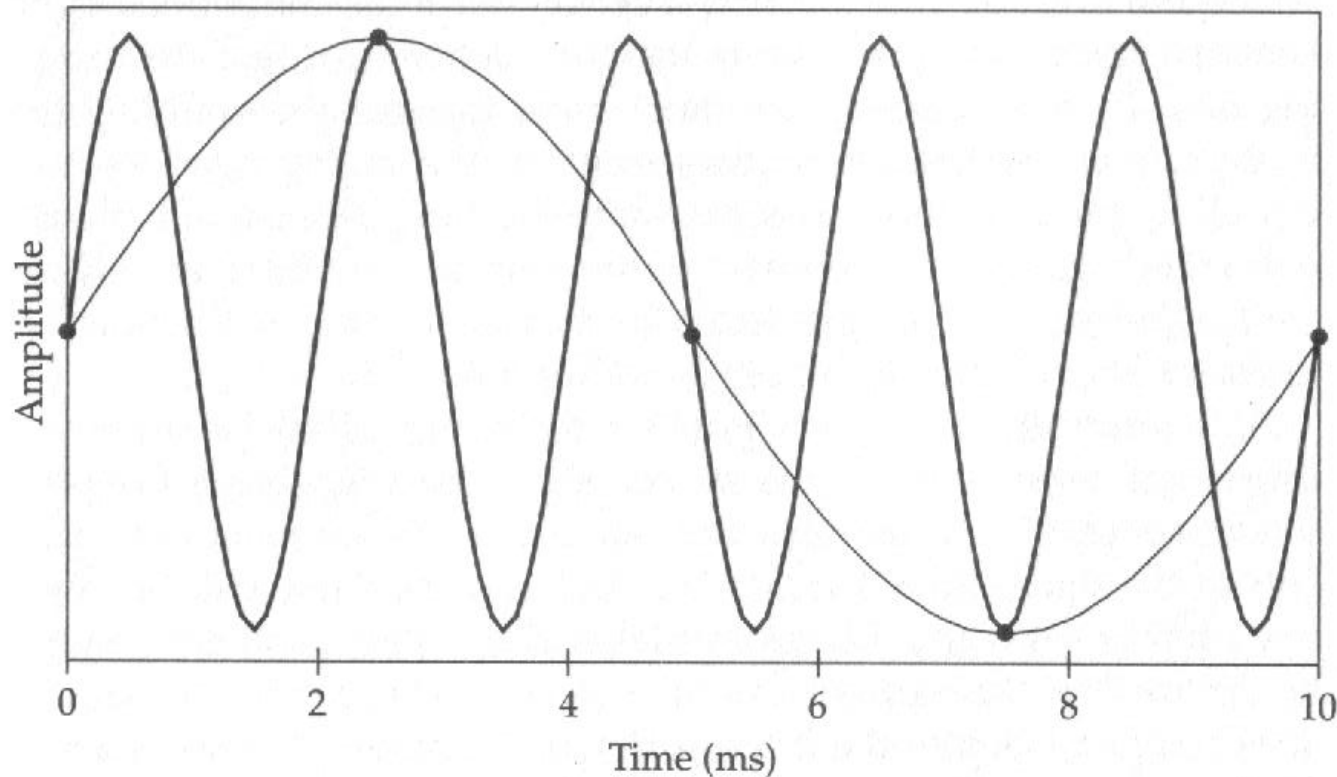


. [Reetz, 2003, S.43]

# Abtasttheorem

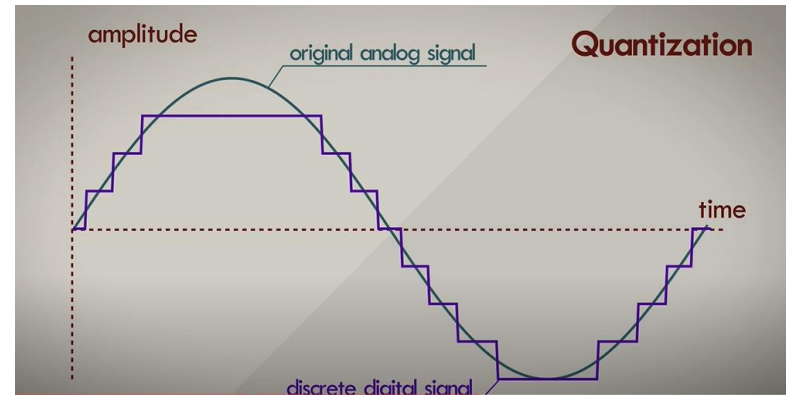
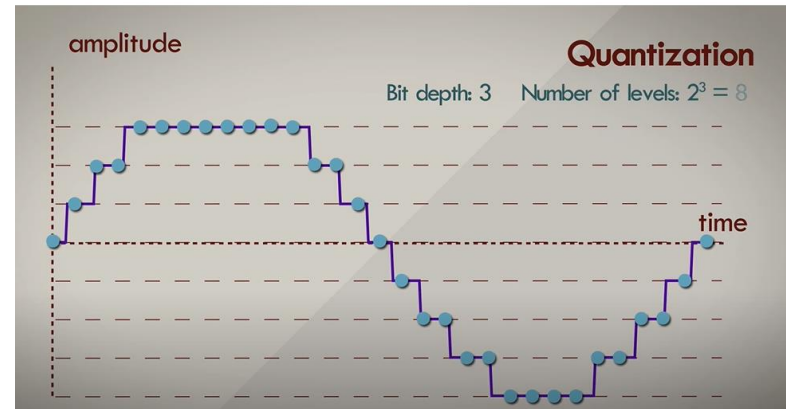
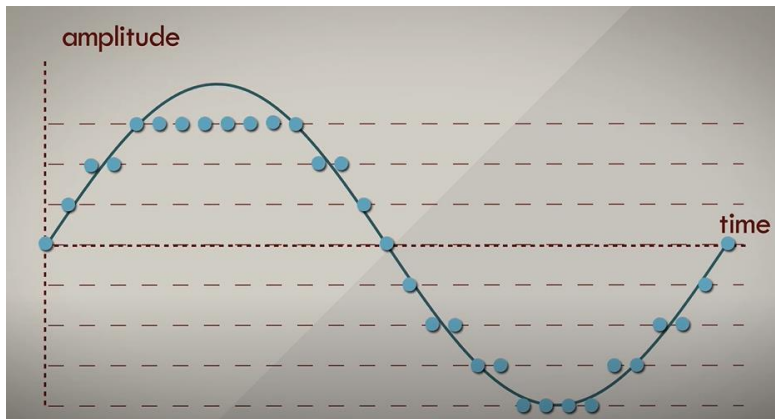
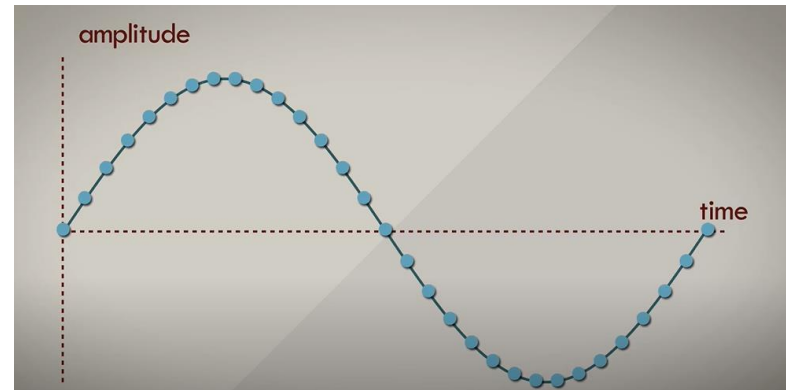
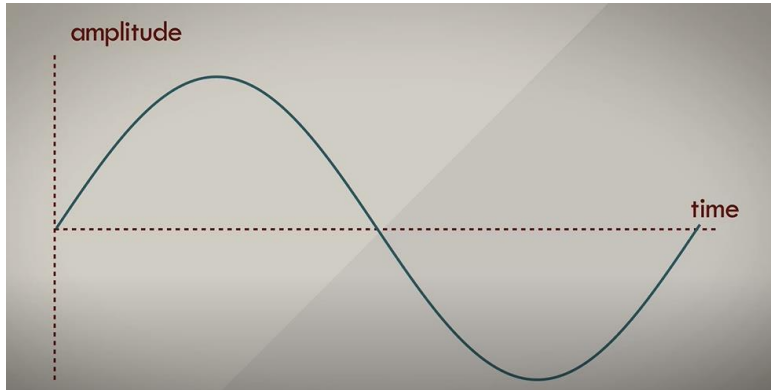
- Welche Abtastrate ist für periodische Schwingungen erforderlich?
  - 2 Abtastwerte pro Grundperiode
    - **Abtastrate  $\geq 2 * \text{Grundfrequenz}$**
    - z.B.: 100 Hz Sinusschwingung  $\rightarrow$  200 Hz Abtastrate
      - $\rightarrow$  **Abtasttheorem**
- Was bedeutet dies für komplexe Signale (z.B. Sprachsignale)?
  - z.B. Nutzinformation im Sprachsignal bis ca. 8 kHz
    - erfordert 16 kHz Abtastrate
    - (vgl. Audio-CDROM: 44,1 kHz)
  - **Nyquist-Frequenz:  $0.5 * \text{Abtastfrequenz}$**
  - höchstfrequenter Anteil am abzutastenden Signal

# Alias-Effekte durch Unterabtastung

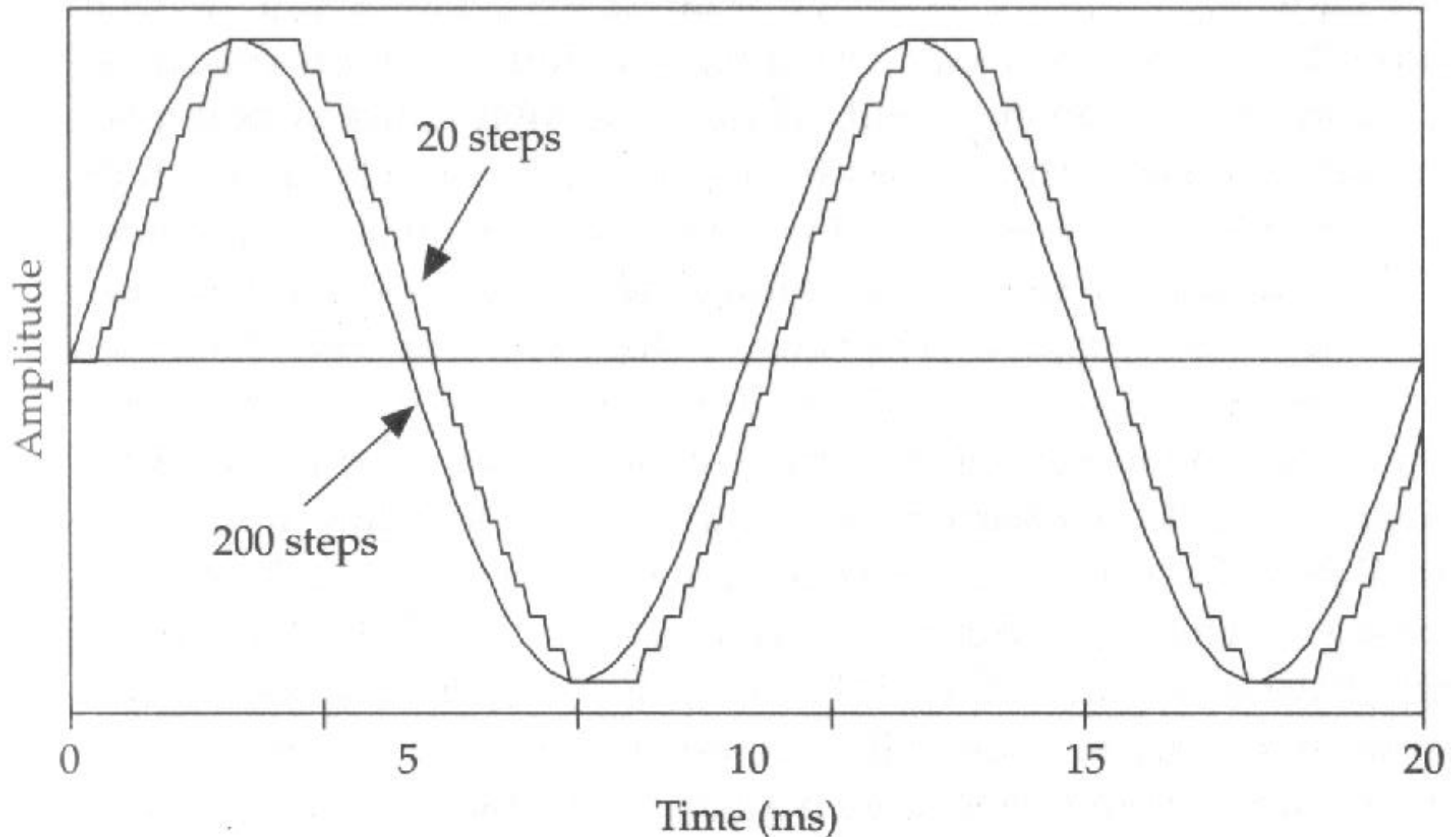


- Unterabtastung einer Sinusschwingung [Johnson, 1997, S.27]
- Das digitale Signal enthält eine niederfrequente Komponente und repräsentiert das hochfrequente analoge Signal nicht korrekt.
  - Praxis: Tiefpassfilter schneidet alle Frequenzen oberhalb der Nyquist-Frequenz ab (Frequenzbandbegrenzung).

# Quantisierung

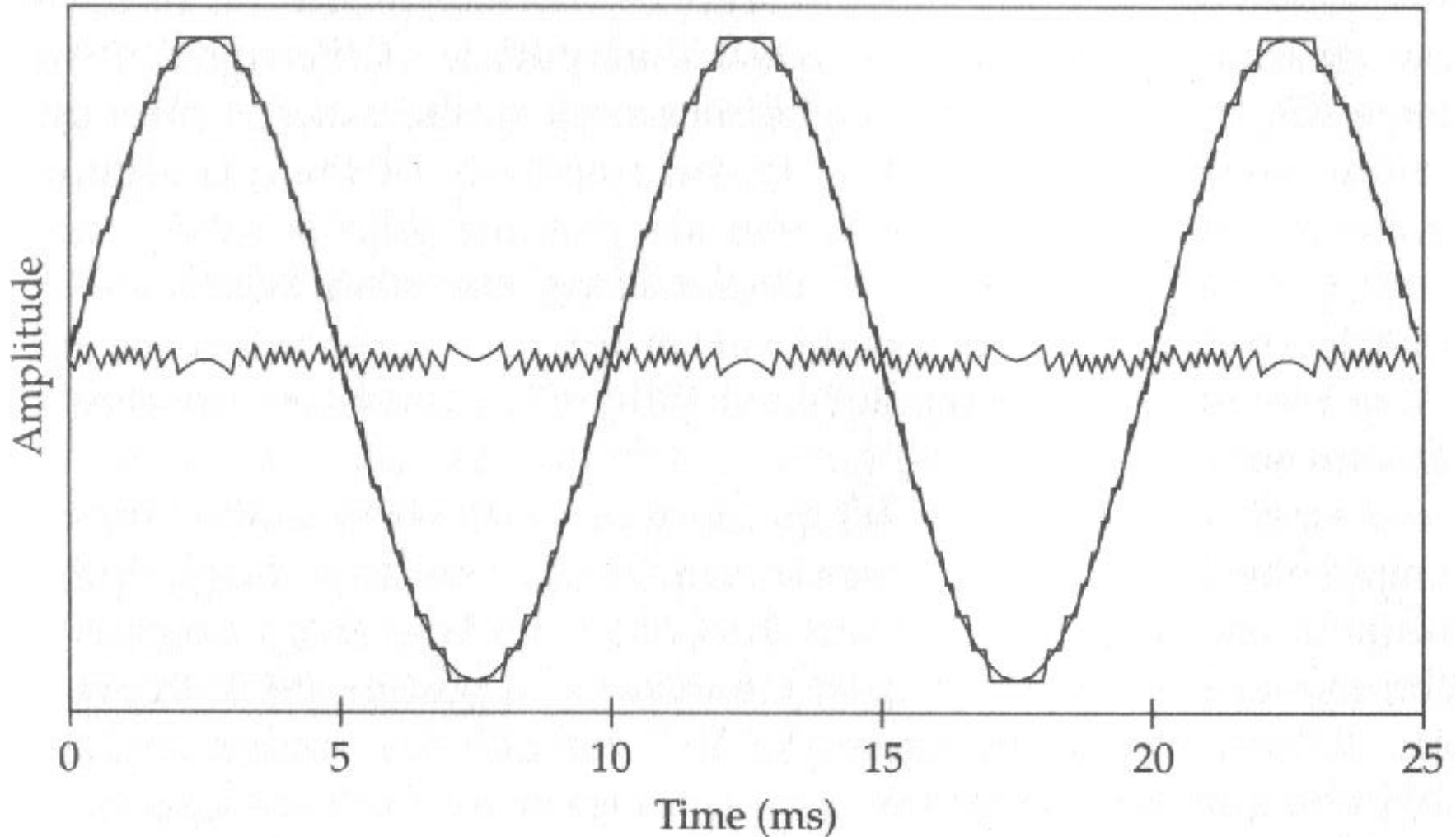


# Quantisierung



- 2 unterschiedliche Quantisierungen (20 vs. 200 Stufen) der Amplitude einer Sinusschwingung [Johnson, 1997, S.29]

# Quantisierungsrauschen



- Differenz zwischen kontinuierlichem und quantisiertem Signal [Johnson, 1997, S.31]

# Quantisierungsstufen und -genauigkeit

- Wie genau sollten Signalamplituden quantisiert werden? Oder: Wieviele Quantisierungsstufen sollten angesetzt werden?
  - digitale Darstellung durch binary digits (bits): 0/1
    - 2 bit =  $2^2 = 4$  Stufen, oder 3 bit =  $2^3 = 8$  Stufen, usw.
    - Praxis: 16 bit =  $2^{16} = 65536$  Stufen; Wertebereich: -32768 - 32767
  - Quantisierungsrauschen ist bei 16 bit vernachlässigbar
- "Protokoll" der Digitalisierung von Audiosignalen, z.B.:
  - "Das Sprachsignal wurde mit 16 bit Genauigkeit quantisiert und mit einer Abtastrate (oder Abtastfrequenz) von 16 kHz abgetastet."

Danke!

