

Einführung in die Phonetik und Phonologie

SoSe 2024

Digitalisierung von Sprachsignalen

11.6.2024

Bernd Möbius

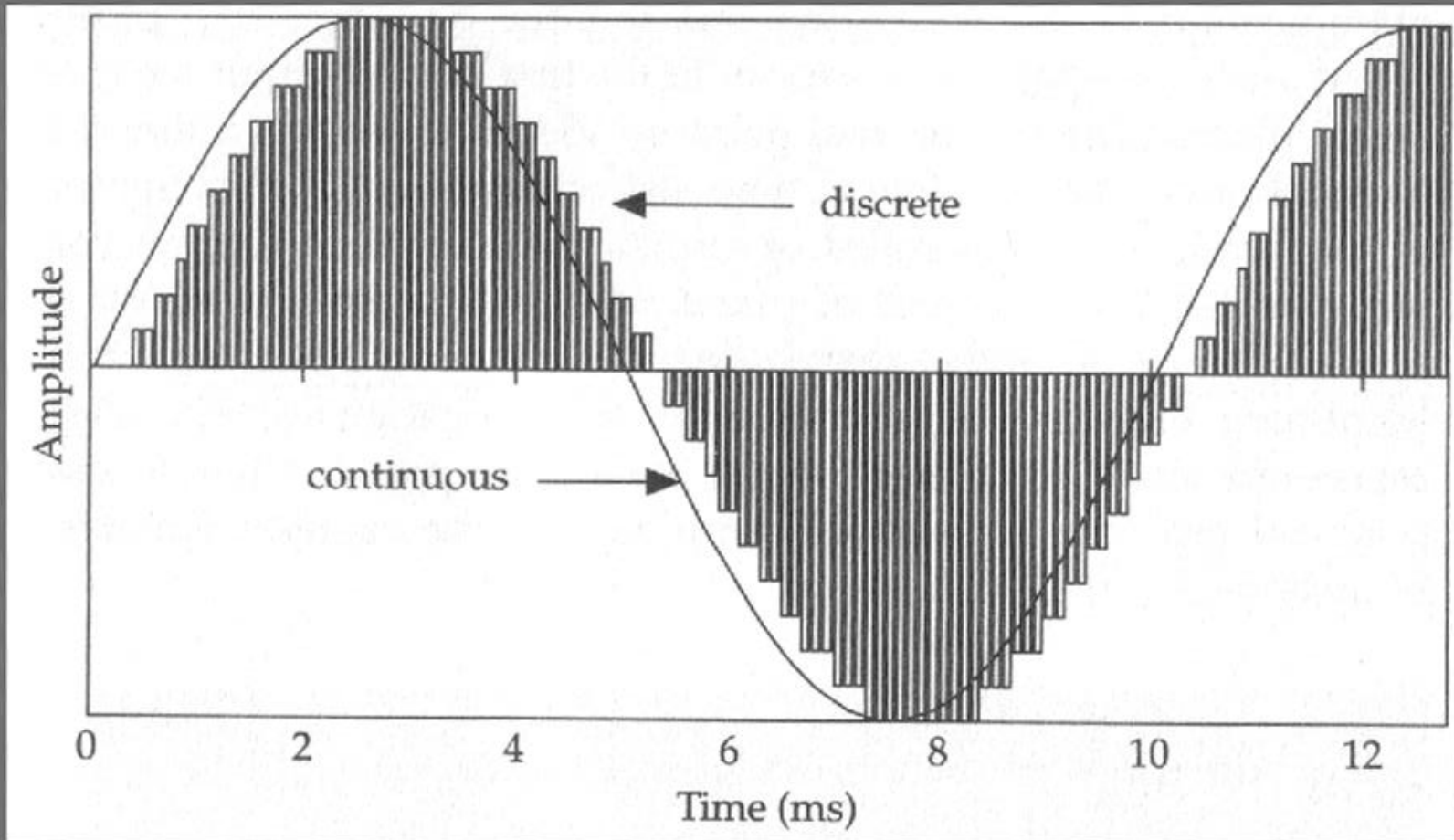
Sprachwissenschaft und Sprachtechnologie
Universität des Saarlandes



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

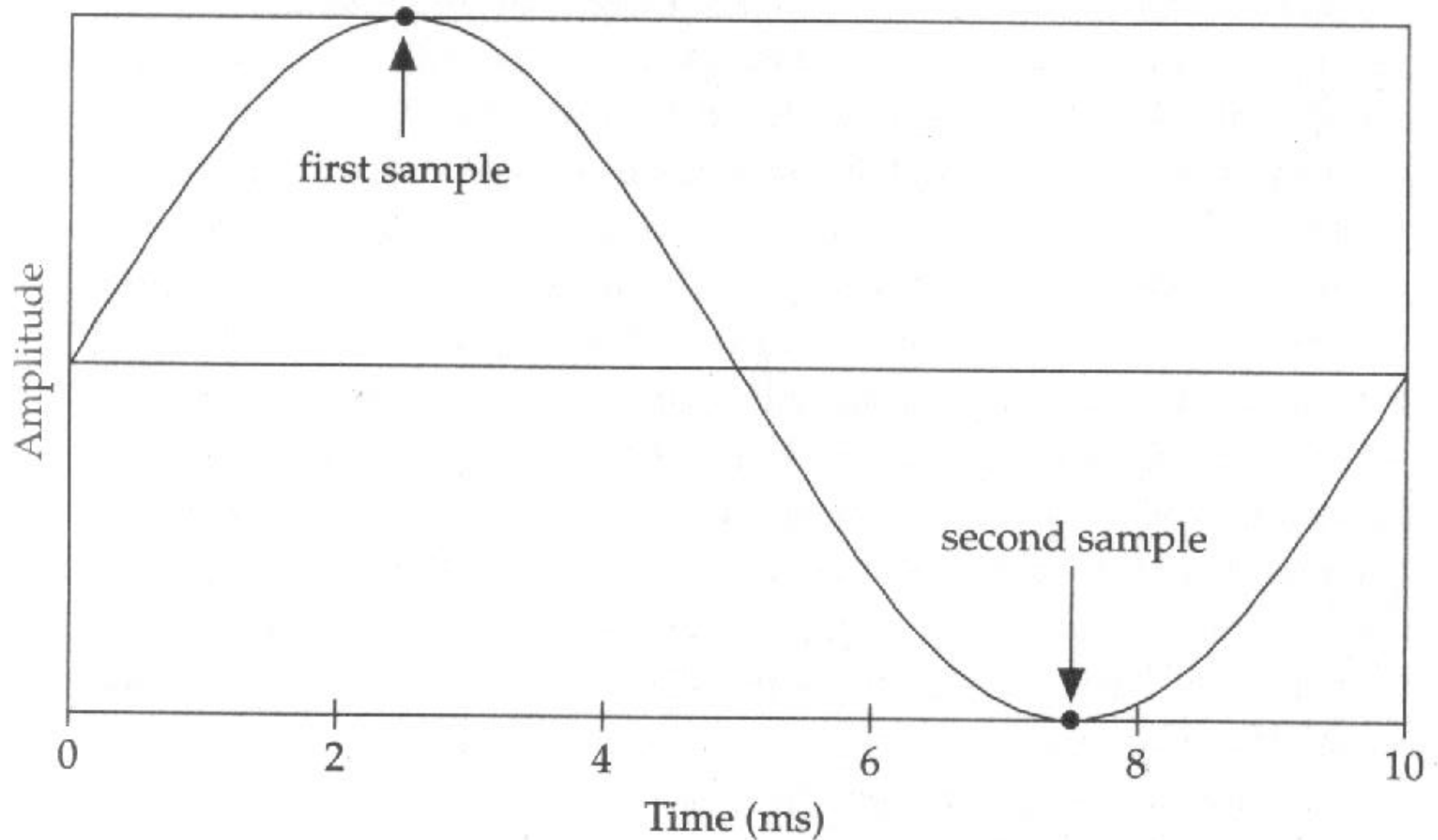


Kontinuierliche und diskrete Sinusschwingung [Johnson, 1997, S.23]

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

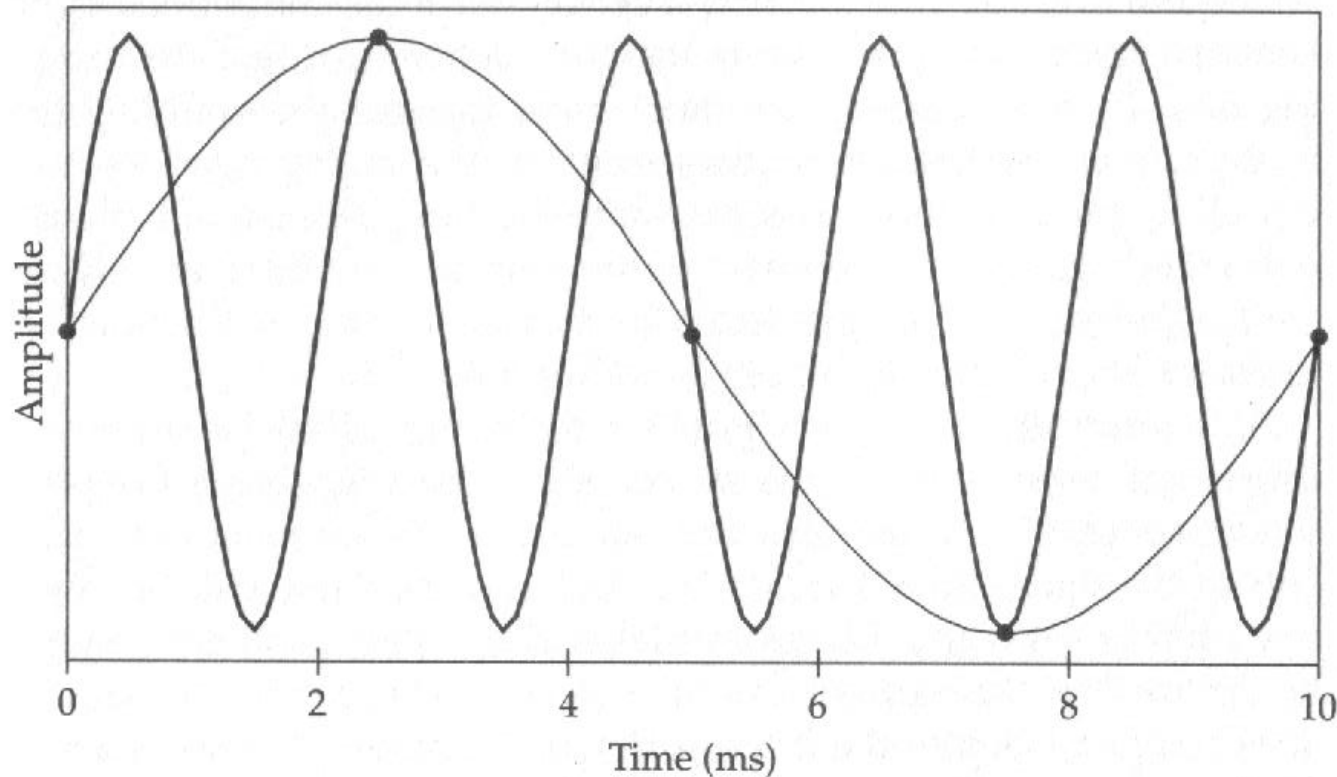


Die Periodizität einer Sinusschwingung lässt sich mit (mind.) 2 Abtastwerten darstellen. [Johnson, 1997, S.25]

Abtasttheorem

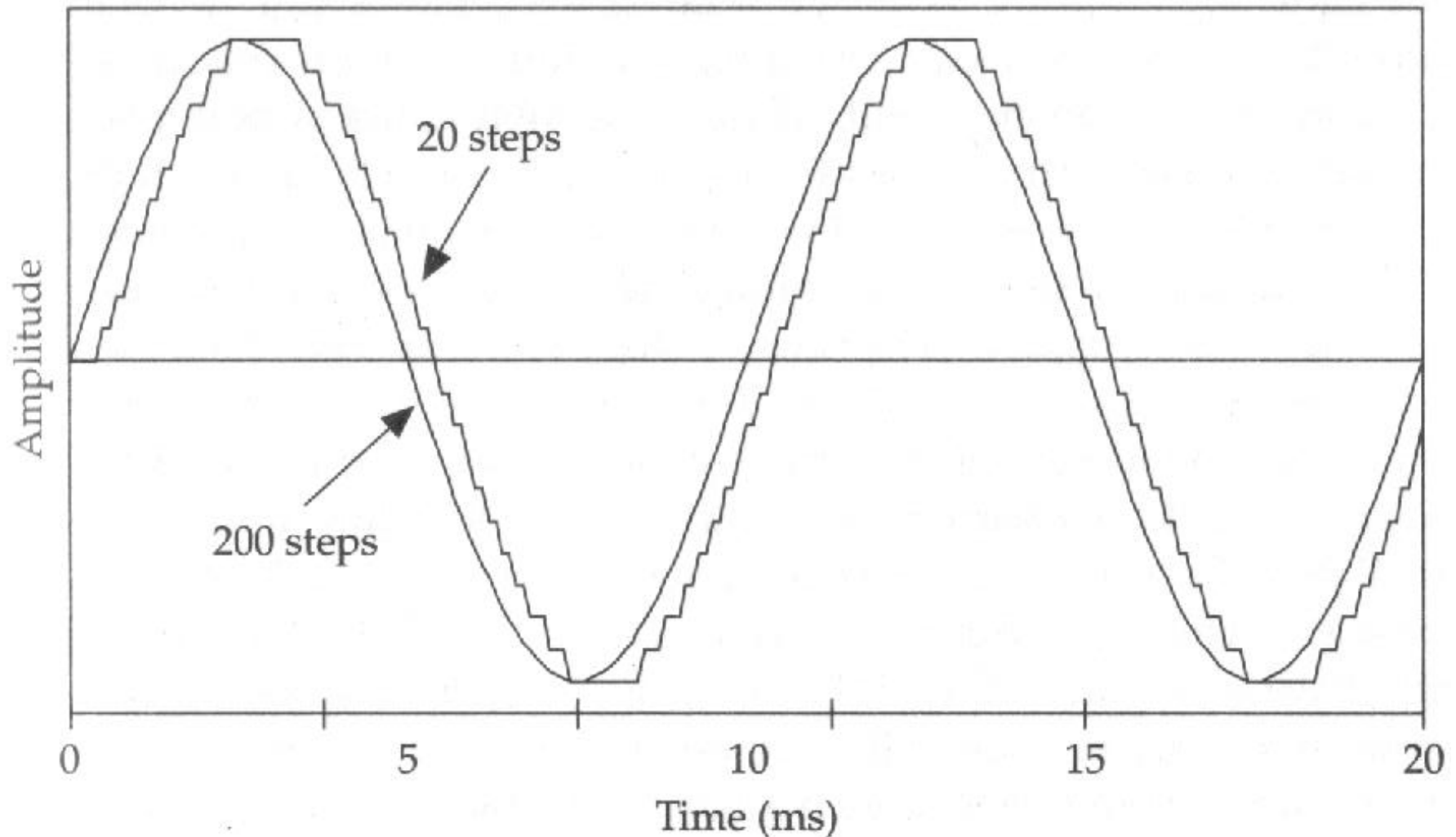
- Welche Abtastrate ist für periodische Schwingungen erforderlich?
 - 2 Abtastwerte pro Grundperiode
 - Abtastrate $\geq 2 * \text{Grundfrequenz}$
 - z.B.: 100 Hz Sinusschwingung \rightarrow 200 Hz Abtastrate
- \rightarrow **Abtasttheorem**
- Was bedeutet dies für komplexe Signale (z.B. Sprachsignale)?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

Alias-Effekte durch Unterabtastung



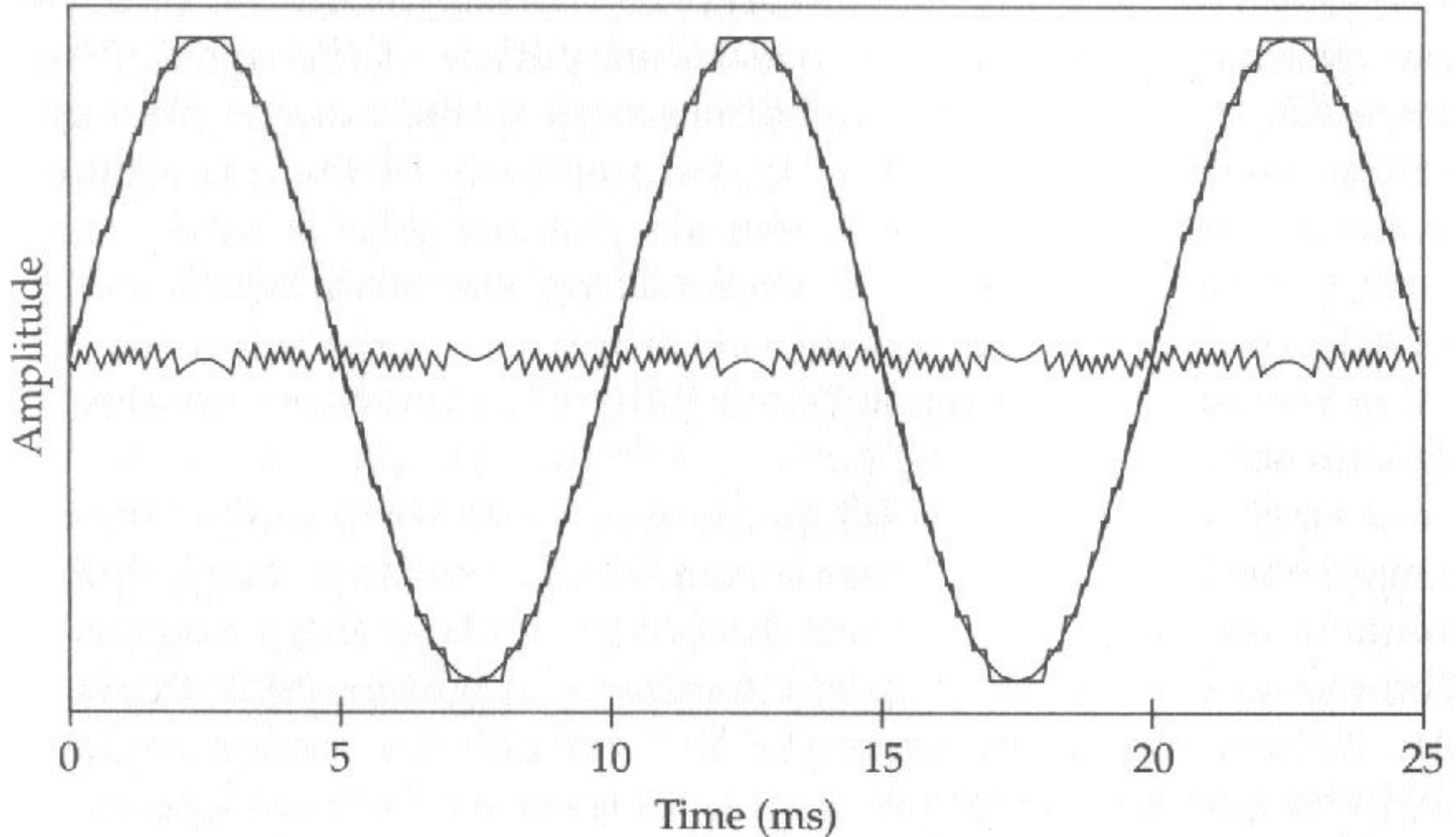
- Unterabtastung einer Sinusschwingung [Johnson, 1997, S.27]
- Das digitale Signal enthält eine niederfrequente Komponente und repräsentiert das hochfrequente analoge Signal nicht korrekt.
 - Praxis: Tiefpassfilter schneidet alle Frequenzen oberhalb der Nyquist-Frequenz ab (Frequenzbandbegrenzung).

Quantisierung



- 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!

