Computational Diagnostics & Biocybernetics Unit

# BMT 403 : Einführung in die Biosignalverarbeitung Ergänzende Folien 1

Prof. Dr. Dr. Daniel J. Strauss



- Signalkategorien

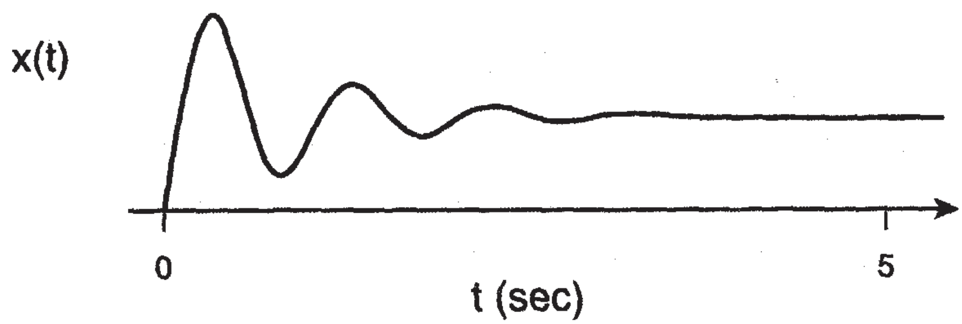
  - Amplituden- und Zeitkontinuierlich.

  - Amplitudenkontinuierlich und Zeitdiskret.

  - Amplitudendiskret und Zeitkontinuierlich.

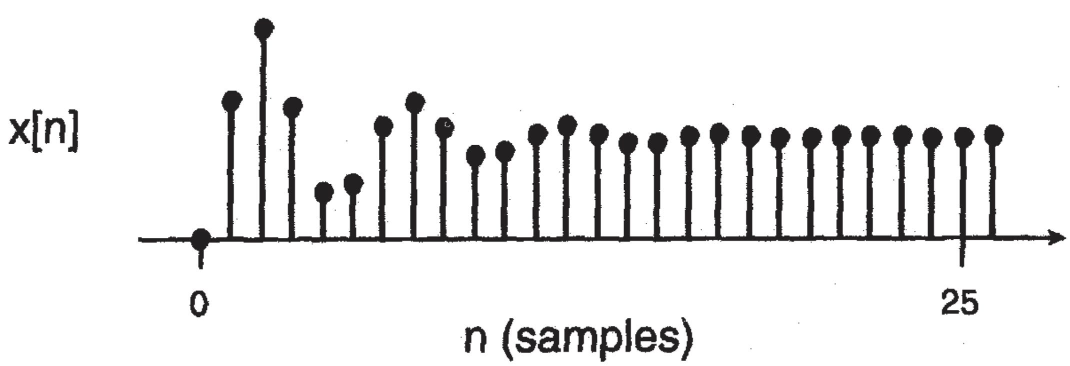
  - Amplituden- und Zeitdiskret

# Amplituden- und Zeitkontinuierlich.

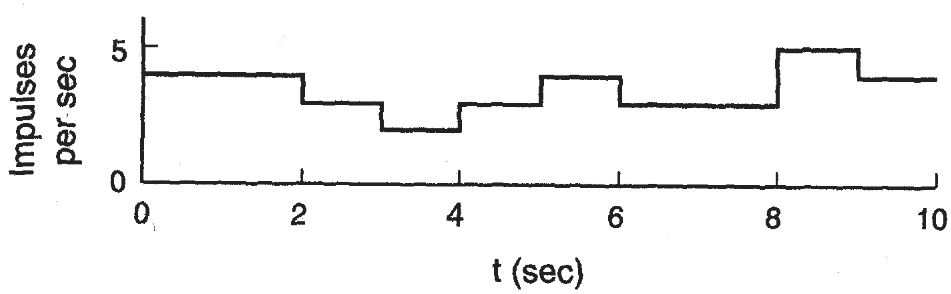





# Amplitudenkontinuierlich und Zeitdiskret.

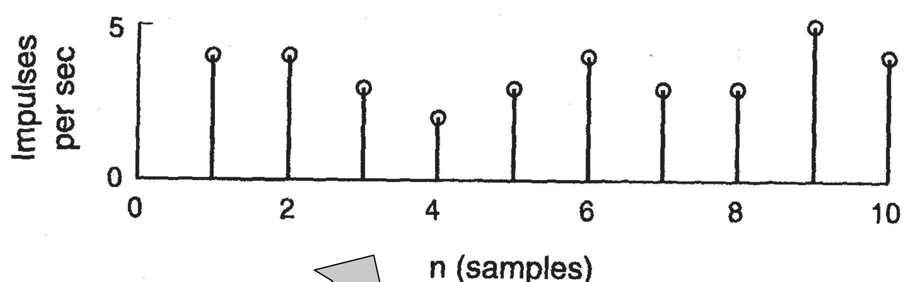


# Amplitudendiskret und Zeitkontinuierlich.



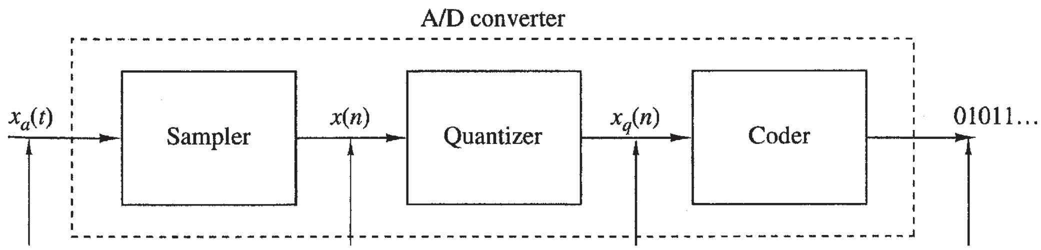



# Amplituden- und Zeitdiskret




Dies wird unser Fokus in der Vorlesung sein, warum?

# Analog- und Digitalwandler A/D-Konverter




Amplituden- und Zeitkontinuierlich

Amplitudenkontinuierlich und Zeitdiskret

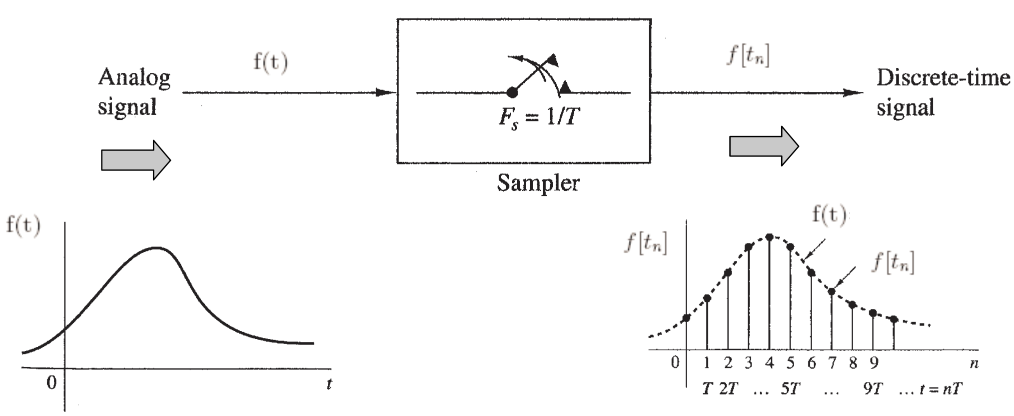
Amplituden- und Zeitdiskret

Codiertes Signal 01100010011

Computational Diagnostics
& Biocybernetics Unit

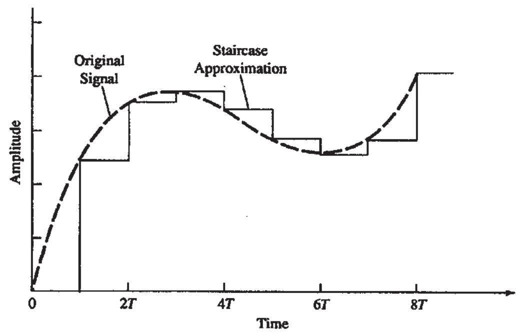
# Sampler

- einheitliche Abtastung mit konstanter Frequenz
- das Öffnen und Schließen des „Schalters“ erfolgt mit der Abtastfrequenz fs



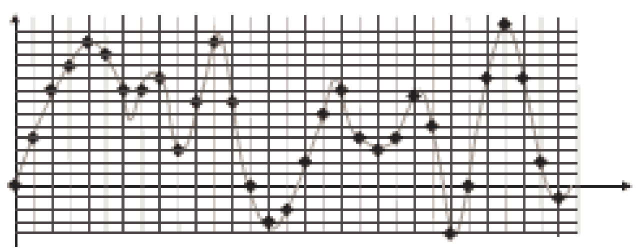
# Quantisierung

- Approximiert kontinuierliches Signal in eine endliche Anzahl von „äquidistanten Intervallen“.
- Intervall hat konstanten Wert
- Kleinster Schritt: Messbereich/Anzahl der Intervalle.






# Sampling und Quantisierung



**Beispiel: USBamp**

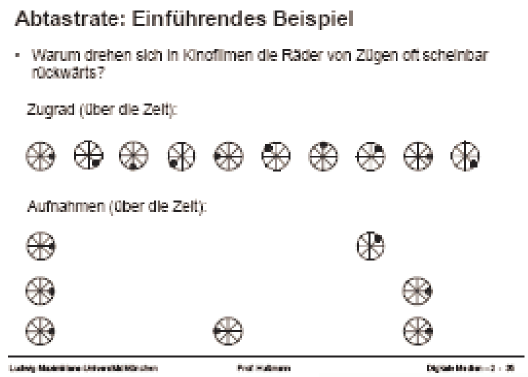
| | |
|---|---|
| Messbereich | $U_{ss} = \pm 250\ mV$ |
| Auflösung | $24\ Bit\ =\ 2^{24}\ =\ 16{,}8\ 10^6$ |
| kleinstes Quantil | $Q\ =\ \frac{U_{ss}}{N-1}\ =\ \frac{0{,}5\ V}{2^{24}-1}\ \approx\ 30\ nV$ |

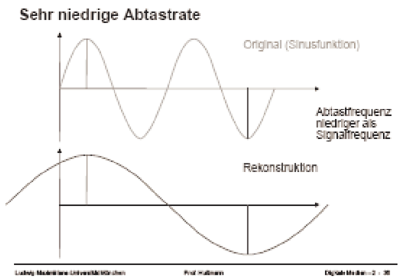
Abtastfrequenz von 16 Hz bis 38 kHz

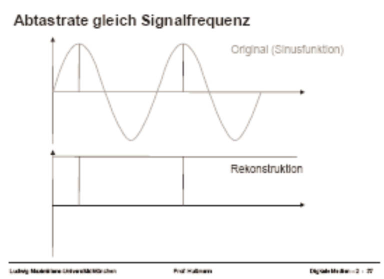
# Sampling und Quantisierung

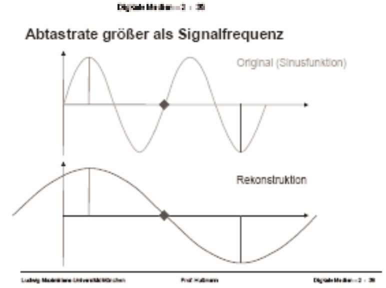
## Fehlerquellen

zu geringe Samplesfrequenz



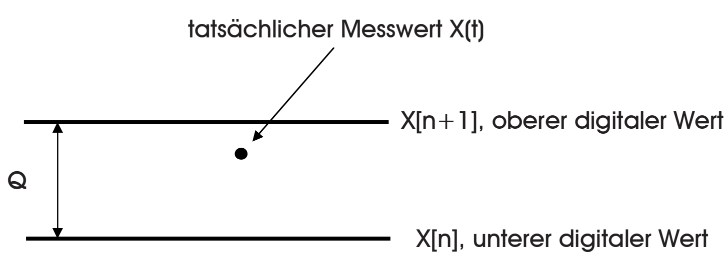



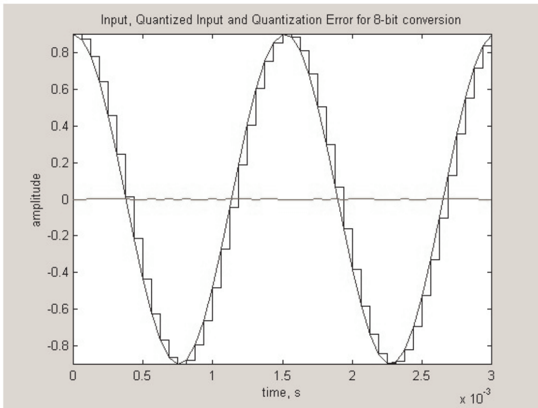

# Sampling und Quantisierung

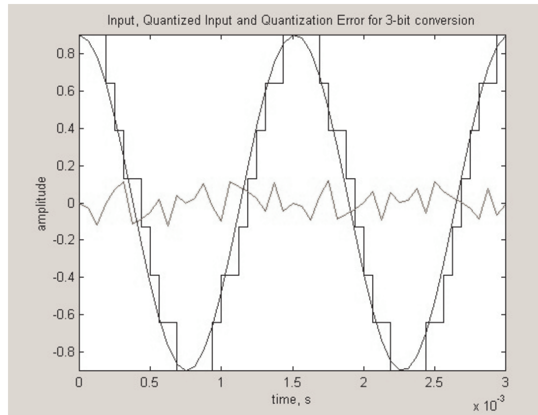
## Fehlerquellen

### Quantisierungsfehler




- minimaler Fehler 0, maximaler Fehler Q.
- mittlerer Fehler Q / 2.
- Fehler der Quantisierung wird auch „digitales Rauschen“ genannt.




# Abtasttheorem

Das Spektrum einer Folge X[n] ergibt sich zu:

$$X(\omega) \;=\; \sum_{n=-\infty}^{+\infty} x[n]\, e^{-j\omega n}$$

mit $e^{-j\omega t_0} \;=\; \mathcal{F}\left(\delta(t-t_0)\right)$

erhält man

$$X(\omega) \;=\; \sum_{n=-\infty}^{+\infty} x[n]\, \mathcal{F}\left(\delta[t-nT]\right)$$

$$\vdots$$

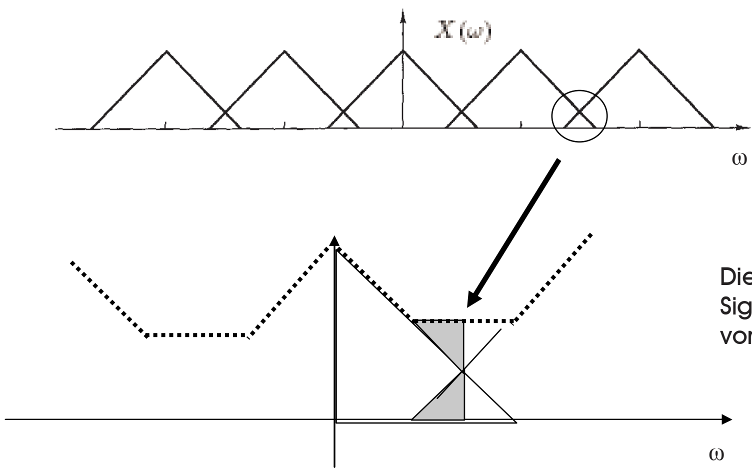
das Ergebnis

$$X(\omega) \;=\; \omega_T \cdot \sum_{n=-\infty}^{+\infty} X(\omega-\omega_T)$$

D.h. das Spektrum X(ω) der Folge X[n] ergibt sich aus der Überlagerung der jeweils um ein ganzzahliges Vielfaches der Periode 1/T verschobenen Spektren des analogen Signals.

# Abtasttheorem

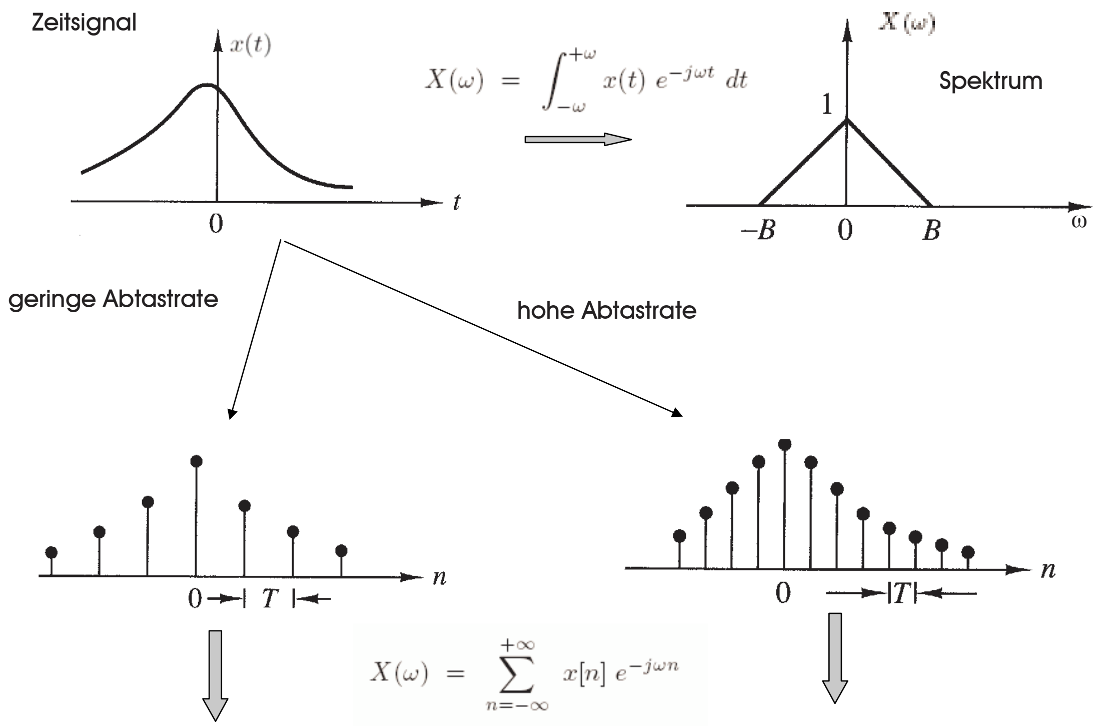
Ein bandbegrenztes digitales Signal, welches mit einer zu geringen Abtastrate gemessen wurde, hat im Frequenzbereich eine Überlappung der Spektren.




Diese Überlappung führt bei der Signalsynthese zu einem Verlust von Informationen.

Computational Diagnostics
& Biocybernetics Unit

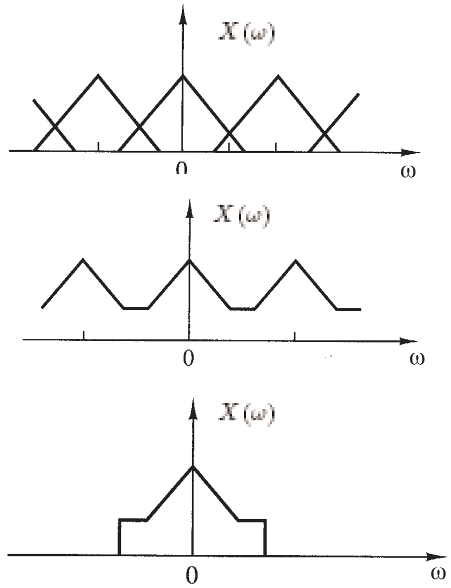
# Abtasttheorem

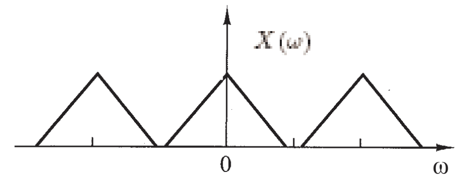


# Abtasttheorem

geringe Abtastrate

hohe Abtastrate



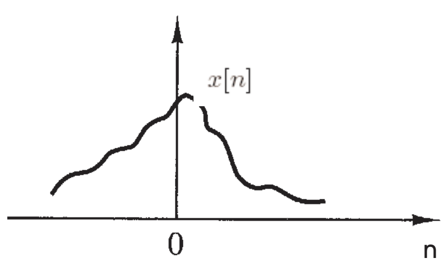



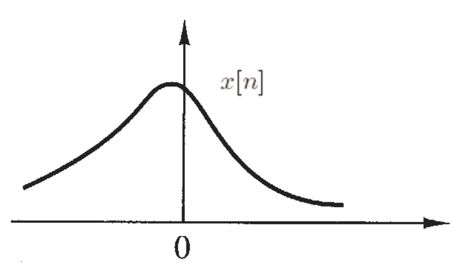

$$x[n] = \frac{1}{2\pi} \int_{-\pi}^{+\pi} X(\omega)\, e^{j\omega n}\, d\omega$$

# Abtasttheorem

geringe Abtastrate

hohe Abtastrate




Die Abtastung im Zeitbereich führt zu einer Periodisierung im Frequenzbereich (und umgekehrt). Eine Überlappung der Frequenzspektren kann dadurch verhindert werden, dass das bandbegrenzte Eingangssignal mit einer deutlich über der Grenzfrequenz befindlichen Samplefrequenz abgetastet wird.

Nach Shannon muss die Samplefrequenz min. doppelt so hoch sein, wie die Grenzfrequenz des Eingangssignals.

$$f_s > 2 \cdot f_g$$

# • Signaltypen

- Deterministische Signale

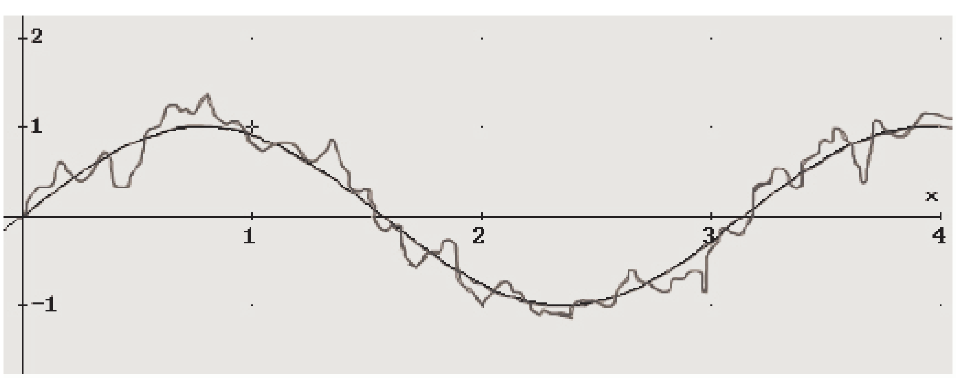
- Stochastische Signale

- Chaotische Signale

- Fraktale Signale

$$x(t) = a(t) + s(t)$$

x(t) = gemessenes Signal
a(t) = deterministischer Anteil
s(t) = Rauschanteil/stochastischer Signalanteil/Störsignal



## Mandelbrot-Menge, „Sierpinski-Dreieck“

1.) Bestimme 3 zufällige Startwerte, I, II, III und konstruiere damit ein Dreieck.
2.) Verbinde die Seitenhalbierenden mit einander, so entstehen
 4 gleiche Dreiecke.
3.) Entferne die horizontale Verbindung.
4.) Wende nun Schritt 2.) und 3.) mehrmals hintereinander an.