

# Digital Signal Processing Übung 2

## EEG-Analyse und Signalreduktion

### Lernziele

In dieser Übung vertiefen Sie die folgenden Konzepte:

- Anwendung und Wirkung von FIR- und IIR-Filtern auf Biosignale (EEG).
- Praktische Umsetzung von Abtastung und Quantisierung zeitkontinuierlicher Signale.
- Bewertung des Trade-offs zwischen Signalqualität und Rechenaufwand.
- Verwendung relevanter MATLAB-Funktionen zur Signalverarbeitung und Laufzeitanalyse.

### Hintergrund: EEG und Schlafstadien

EEG-Signale spiegeln unterschiedliche Bewusstseinszustände wider, die sich über charakteristische Frequenzbereiche unterscheiden:

- **Delta (0,5–4 Hz):** Tiefschlaf
- **Theta (4–8 Hz):** Leichter Schlaf
- **Alpha (8–13 Hz):** Wach, entspannt (Augen geschlossen)
- **Beta (13–30 Hz):** Wach, aktiv und aufmerksam

Zur Klassifikation wird das EEG-Signal typischerweise in kurzen Zeitfenstern (z. B. 10 Sekunden) analysiert. Für jedes Fenster wird ein Leistungsdichtespektrum berechnet (z. B. mittels Fourier- oder Wavelet-Analyse). Die Gesamtleistung in jedem Frequenzband wird bestimmt. Dasjenige Band mit der höchsten relativen Leistung (*dominantes Frequenzband*) lässt Rückschlüsse auf den Bewusstseinszustand zu.

**Beispiel:** Wenn im Zeitfenster 70 % der Signalenergie im Bereich 0,5–4 Hz liegt, ist das Delta-Band dominant – ein Hinweis auf Tiefschlaf. Wird hingegen die größte Energie im Alpha-Bereich beobachtet, deutet dies auf einen entspannten Wachzustand hin.

## Teil 1 – Filterung eines EEG-Signals

1. Laden Sie ein Beispiel-EEG-Signal (`load('eegdata.mat')`). Verwenden Sie die Felder `data(1,:)` für das EEG-Signal und `fs` für die Samplingrate.
2. Wenden Sie je einen FIR- und IIR-Bandpassfilter an, um den Alpha-Bereich (8–13 Hz) zu isolieren.
3. Visualisieren Sie die gefilterten Signale und vergleichen Sie deren Phasen- und Amplitudenverhalten.
4. Entscheiden Sie sich für eine geeignete Filterstruktur und bestimmen Sie, in welchem Bewusstseinszustand die Person sich zum Zeitpunkt der EEG-Aufnahme befunden hat. Wiederholen Sie dies am originalen Signal. Welcher Unterschied tritt warum auf?

**Nützliche MATLAB-Funktionen:**

- `designfilt`, `filter`, `filtfilt`, `freqz`, `bandpower`

## Teil 2 – Downsampling und Quantisierung

1. Reduzieren Sie die Abtastrate des Signals schrittweise von 500 Hz auf 250 Hz und 125 Hz.
2. Quantisieren Sie das Signal mit unterschiedlichen Bit-Tiefen (8-bit, 4-bit).
3. Vergleichen Sie die reduzierte Version mit dem Original visuell und mittels mittlerem quadratischen Fehler (MSE).

**Nützliche MATLAB-Funktionen:**

- `downsample`, `resample`, `round`, `max`, `min`

## Teil 3 – Rechenzeit vs. Informationsgehalt

1. Messen Sie die Rechenzeit der Filteroperationen aus Teil 1 auf dem Originalsignal und auf den reduzierten Signalen.
2. Verwenden Sie `tic` und `toc` zur Laufzeitmessung.
3. Untersuchen Sie, ab welchem Punkt Informationen (z.B. Alpha-Aktivität) nicht mehr zuverlässig extrahiert werden können.

**Nützliche MATLAB-Funktionen:**

- `tic`, `toc`, `bandpower`, `spectrogram`