

Disclaimer

Aufgaben aus dieser Vorlage stammen aus der Vorlesung *Grundlagen der Biosignalverarbeitung* und wurden zu Übungszwecken verändert oder anders formuliert! Für die Korrektheit der Lösungen wird keine Gewähr gegeben.

1. Sensoren

- (a) Welche Arten von Sensoren existieren?

Antwort:

Aktiv gibt Spannung/Strom ab, wobei er für Funktion Energie benötigt/umwandelt. wirkt wie elektrische Signalquelle

Passiv ändert elektrische Größen (z.B. Widerstand) ohne Energiezufuhr von außen

- (b) Wie lösen Sensoren auf? Mit Beispielen

Antwort:

temporal Zeitabstand zwischen Messungen (z.B. Aktionspotentiale)

spektral Abstand von Spektrallinien (z.B. Wärmebildkamera)

räumlich räumlicher Abstand (z.B. EEG, Ultraschall)

... Kombinationen (z.B. spatialtemporale Auflösung in Frequenzband)

- (c) In welche Klassen können Messgrößen unterschieden werden?

Antwort:

Physikalisch Kraft, Druck, Moment, Durchfluss

Elektrizität Potential, Strom, Impedanz

Magnetismus Fluss, Induktion

Optik/Licht spektrale Dämpfung, Extinktion

Chemisch Partialdruck von Gasen, Zucker, Hämoglobin

Akustik Herzschalltöne, Atmung

Temperatur Körpertemperatur

- (d) Welche Methoden sind unter Ultraschall nutzbar?

Antwort:

CW (Continuous Wave) keine Tiefeninformation, Information über Dopplerfrequenz mit hoher Variationsbreite, stochastischer Charakter mit viel Rauschen

PW (pulsed Wave) Auflösung von der Signalverarbeitung abhängig, physikalische Grenzen erreicht

Doppler-Technologie CW/PW vereint, Summe aller Vor- und Nachteile

2. Übertragung

- (a) Warum muss man bei der Übertragung von Biosignalen über größere Distanz das Signal modulieren?

Antwort:

- (b) Welche Form der analogen Modulation ist besonders störungsresistent und warum?

Antwort:

3. Elektroden

- (a) Welche chemischen/elektrischen Vorgänge an Elektroden

Antwort:

- Metallelektrode umgeben von selektiv durchlässiger Membran eingetaucht in die zu untersuchende Elektrolytlösung
- die zur Elektrode gelangenden Ionen (Moleküle) verändern die Potentialdifferenz zwischen Mess- und Bezugselektrode
- Spannung proportional $\log$ Ionenkonzentration (pH)
- Bsp pCO_2 -Elektrode: $CO_2 + H_2O \rightleftharpoons H_2CO_3 \rightleftharpoons H^+ HCO_3^-$

(b) Probleme bei Signalauswertung

Antwort:

(c) Elektroden auf Haut erzeugen Gleichspannung. Wie entsteht diese Gleichspannung?

Antwort: polarisierbare Metallelektroden → positiv geladene Metallionen gelangen in umgebende Elektrolytlösung → molekulare Doppelschicht mit hoher Impedanz für Niederfrequenzbereich (Hochpassfilter bei Ableitung evozierter Potentiale)

(d) Wie kann man diese Gleichspannung reduzieren?

Antwort: unpolarisierbare Metallelektroden

Ag/AgCl: Verminderung und Stabilisierung der galvanischen Spannung → geringe Übergangsimpedanzen im gesamten Frequenzbereich

AgCl-Schicht liegt der Ag-Schicht an, positiv geladene Metallionen gelangen in umgebende Elektrolytlösung → molekulare Doppelschicht mit hoher Impedanz für Niederfrequenzbereich (Hochpassfilter bei Ableitung evozierter Potentiale)

4. Störungen

(a) Welche Arten von Biosignalen existieren?

Antwort:

Signal	Frequenz [Hz]	Amplitude [mV]
EKG (Herz)	0,2-200	0,1-10
EEG (Hirn)	0,5-100	2-100 μ V
EMG (Muskel)	10-10000	0,05 -1

(b) Welche Arten von Störungen existieren? Mit Erklärungen

Antwort:

periodische Störungen	transiente Störungen	biologische Störungen
geringes Problem, spektrale Filter	unbekannter, einmaliger, nicht reproduzierbarer Verlauf	lassen sich nicht abschalten/kaum unterdrücken
NF-magnetische Felder nicht eliminierbar durch Schirmung, erzeugen Differenzspannung	kaum eliminierbar, Signalform unbekannt/nicht reproduzierbar	
NF-elektrische Felder gut beherrschbar, erzeugen Gleichtaktstörungen	bestenfalls Detektion möglich, Messdaten nicht korrigierbar	
HF-Felder immer mehr vorhanden (Kommunikation), Abschirmung unwirtschaftlich		
Bsp: öffentliche Stromversorgung	Bsp: Lastschwankungen	Bsp: Muskelbewegung

(c) Entstehung von biologischen Störungen

Antwort:

(d) Methoden zur Eindämmung von Störungen

Antwort:

- Basislinienschwankung: Gute mechanische Elektrodenfixierung verwenden und prüfen, Kontaktcreme zufügen, eventuell Verwendung anderer Elektroden. Ruhigstellung, Entspannung der Muskeln, Anhalten oder Reduzierung der Atmung.
- Netzbrummen: Gerät oder Netzkabel aus Patientennähe entfernen, Kontrolle Elektrodenkontakt! Zur Unterdrückung der 50-Hz-Störungen, die in dem Nutzspektrum des QRS-Komplexes liegt, können nur phasenlineare Filter angewendet werden. Dies ist z.B. mit digitalen Notch-Filtern oder mit Kompensationsfiltern zu erzielen.
- Biologische Störungen: Ruhigstellung, Entspannung der Muskeln, Anhalten oder Reduzierung der Atmung
 - Spektral alle Biosignale im selben Band (0-100Hz)
 - Nichtlineare Verkopplung der Biosignale verhindern Trennung mit herkömmlichen Methoden
 - Kein Biosignal deterministisch und reproduzierbar
 - Transiente/aperiodische, instationäre Biosignale nicht qualifizierbar
 - Trennung kaum möglich, bestenfalls Reduktion/Abschwächung
 - Problem: funktionelle Verkopplung/Überlagerung im Mensch
 - Idee: Einschränkung der Frequenzfenster

5. Gradiometer

(a) Was ist ein Gradiometer?

Antwort: Ein Gradiometer wertet den Unterschied zwischen zwei Messungen aus. Zum Beispiel kann ein Gradiometer den Grad messen, auf den ein Hügel ansteigt, d.h. die Differenz der Messung von flacher Erde und der Neigung.

(b) Aufbau, Funktionsweise?

Antwort: Anordnung mehrerer Beschleunigungsmesser, die je nach Bauart zwischen 10 cm und 1 m voneinander entfernt sind. Die Differenz der Ablesungen zweier Beschleunigungsmesser in eine Raumrichtung, dividiert durch ihren Abstand, entspricht der Messung einer Komponente des Gravitationsensors.

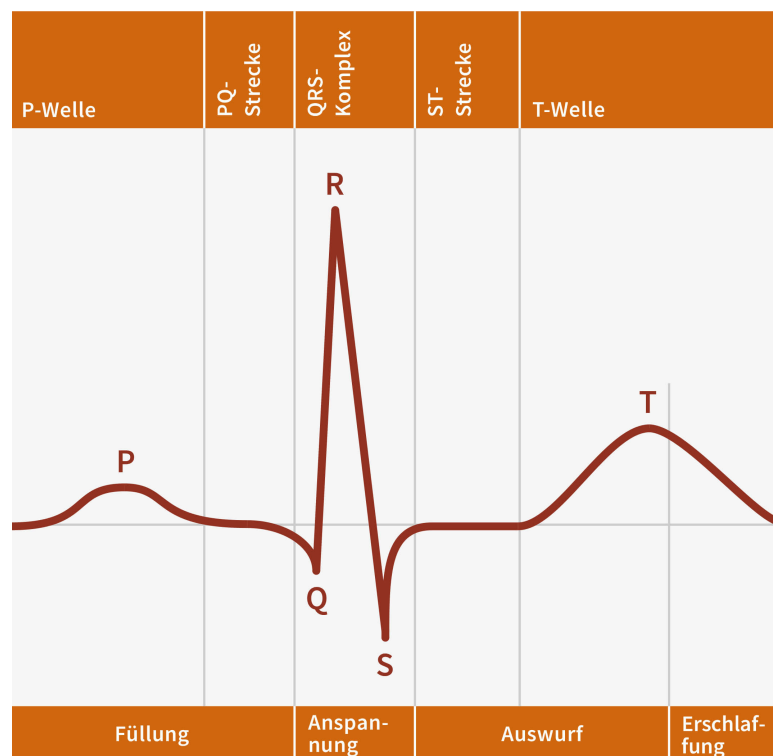
(c) Warum stört Erdmagnetfeld nicht? Gradiometerprinzip reicht nicht aus für Erklärung

Antwort:

6. EKG

(a) Wie sieht EKG aus? Zeichne

Antwort:



(b) Was bedeutet welche Zacke?

Antwort:

P-Welle Füllen der Vorkammern, Erregung in Vorhöfen

Q-Zacke Erregung in Kammern zur Herzspitze

R-Zacke Erregung in Kammermuskulatur spitzenwärts

S-Zacke Erregung der Kammerwände breiten sich basalwärts aus

T-Welle Erregungsrückgang (umgekehrt registriert)

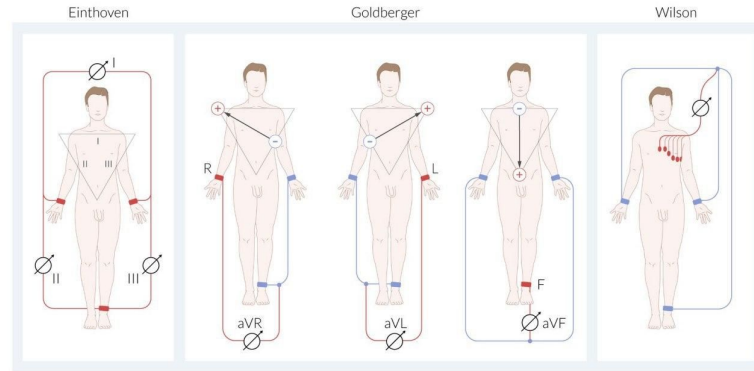
1. Die erschlafften Vorhöfe füllen sich mit Blut.
2. Beim Zusammenziehen der Vorhöfe strömt das Blut durch die Segelklappen in die Herzkammern.
3. Während der Anspannungsphase der Kammern schließen sich die Segelklappen.
4. Beim Zusammenziehen (Systole) drücken die Kammern das Blut durch die geöffneten Taschenklappen in die Hauptschlagader bzw. Lungenschlagader, gleichzeitig beginnen die Vorhöfe sich mit Blut zu füllen.

(c) Arten der Ableitung? Wie und wo abgeleitet?

Antwort:

Bipolare Extremitätenableitung nach Einthoven

Unipolare Ableitung nach Wilson und Goldberger mit Referenz als Sternpunkt der Zusammenschaltung von verschiedenen Elektroden über gleich große Widerstände (Durchschnittsreferenz)



7. EEG

(a) Welche Frequenzbänder?

Antwort:

Delta 0-4 Hz, Tiefschlaf

Theta 4-7 Hz, Schlaf

Alpha 8-13 Hz, Wach und in Ruhe

Beta 13-30 Hz, Wach mit geistiger Aktivität

Gamma >30 Hz, starker Konzentration, Lernprozessen oder Meditieren

(b) Nach welchem Prinzip ableiten?

Antwort: Da die auf der Kopfhaut zu messenden Signale in der Größenordnung von 5 bis 100 μV liegen, wird ein empfindlicher Messverstärker benötigt. Zur Unterdrückung des allgegenwärtigen Netzbrummens und anderer Störungen wird ein Differenzverstärker mit hoher Gleichtaktunterdrückung benutzt. Aus Gründen der Patientensicherheit ist dieser bei als Medizingerät zugelassenen Elektroenzephalographen als Isolationsverstärker implementiert, wodurch gleichzeitig aber auch die Gleichtaktunterdrückung erhöht wird.

Die Elektroden für das EEG sind jeweils in einem bestimmten System angebracht, wonach verschiedene Arten von Ableitungen unterschieden werden. Üblich ist das 10-20-System; es werden aber auch alternative Montagen wie das 10-10-System angewendet sowie invasive Ableitungen.

(c) Spektralanalyse EEG (Leitungsspektrum, Auflösung berechnen)

Antwort:

(d) Fenster festlegen, wenn Arzt 0,4Hz Auflösung will

Antwort:

8. Guarding-Technik beschreiben

Antwort:

9. Messverstärker

(a) Welcher Phasenfrequenzgang bei Messverstärker?

Antwort:

(b) Warum? Was passiert bei Nichteinhaltung?

Antwort:

(c) Eigenrauschen qualitativ beschreiben, aus welchen Komponenten besteht es

Antwort:

10. AKF periodisch $\leftrightarrow$ aperiodisch (FFT-Shift)

Antwort:

11. Signal mit $f(t) = 2 * \cos(t * 2 * \pi * f)$, die Frequenz war 9Hz, das Signal war im Bereich von 0 bis 4,5s gegeben. Gegeben TM,...?

(a) $f = f_s : df : f_e \rightarrow f_s, df, f_e$ berechnen

Antwort:

(b) Welcher Effekt verursacht viele Spektralteile? Leckeffekt erklären

Antwort:

(c) Welche Eigenschaft muss eine Fensterfunktion haben damit dieser Effekt verringert wird?

Antwort:

(d) Wie muss man die Eigenschaft der Fensterfunktion wählen, damit 1. Dynamischer Amplitudengang und 2. Gute Auflösung im Spektralbereich entsteht?

Antwort:

12. Filter

(a) Anhand welcher Merkmale kann man einen Filter klassifizieren, ob er FIR oder IIR ist?

Antwort:

(b) Können FIR instabil werden? Begründen Sie Ihre Vermutung.

Antwort:

(c) Wie kann man schnell die Koeffizienten eines FIR Filters ausrechnen?

Antwort:

13. Filtertypen (nicht für Informatiker)

(a) Filtertypen anhand ihres Amplitudengangs klassifizieren

(b) Welcher ist am besten für (vorgegebene) Biosignale geeignet und warum?

(c) Filtertypen die nach Namen ihres Erfinders heißen?

Antwort:

Filter	Eigenschaften	Vorteile	Nachteile
Butterworth-Filter	Maximal flacher Verlauf des Betragsfrequenzganges im Durchlassbereich, Dämpfung im Sperrbereich monoton verlaufend	Gutes Amplitudenverhalten im Durchlass- und Sperrbereich	Geringe Flankensteilheit im Übergangsbereich
Tschebyscheff-Filter	Welligkeit (Ripple) im Durchlassbereich, Dämpfung im Sperrbereich monoton verlaufend	Gute Flankensteilheit im Durchlassbereich	Große Änderung der Gruppenlaufzeit, schlechtes Zeitverhalten
Bessel-Filter	Impulsformung	Konstante Gruppenlaufzeit (=lineare Phase) im Durchlassbereich	Geringe Flankensteilheit im Übergangsbereich
Gauß-Filter	Impulsformung	Konstante Gruppenlaufzeit im Durchlass- und Sperrbereich. Kein Überspringen bei der Sprungantwort. Reduzierte Intersymbolinterferenz	Geringe Flankensteilheit im Übergangsbereich

14. Adaptive Noise Canceller

- (a) Erläutern Sie anhand eines Blockschaltbilds die Funktionsweise eines adaptiven noise Cancellers

Antwort:

- (b) Was muss für das Rauschen gelten, damit das LMS Prinzip angewendet werden kann? Welche Signale müssen korrelieren und welche dürfen nicht in Korrelationsbeziehung stehen?

Antwort:

15. Abtasttheorem: Welche notwendige und hinreichende Bedingung benötigt man für die Abtastung bei $f_c=100\text{Hz}$ und USB 0,1...1kHz

Antwort:

16. LTI System

- (a) Blockschaltbild -> daraus die Übertragungsfunktion ableiten,

Antwort:

- (b) Z-Transformation,

Antwort:

- (c) Stabilität $y(n) = x(n) + 2x(n-1) - 3x(n-1)$?

Antwort:

17. cos Funktion

- (a) cos-Fkt. gegeben (Gleichung, Graph zu Original-Fkt. + ihrer DFT), Sample-Freq. 10Hz, Abtastung für 2sec:

Antwort:

- (b) Matlab-Befehl ermitteln für Parameter der $DFT(f_s, d_f, f_e)$

Antwort:

- (c) Warum im DFT-Graph so viele Freq-Anteile? (vmtl. Leck-Effekt)

Antwort:

- (d) Ursachen dieses Effekts im Zeit und Freq-Bereich (Zeit: Signal nicht genau an Periodengrenze abgeschnitten)

Antwort:

- (e) Wie durch Fensterung beheben?

Antwort:

- (f) Wie muss Spektrum des Fenster beschaffen sein um:

- hohe spektrale Auflösung
- hohe Amplitudendynamik

zu erreichen?

Antwort:

18. Berechne mit $t_{ab} = 10s$, $f_{s1} = 9kHz$ und $f_{s2} = 10kHz$, peaks gegeben

- (a) Abtasttheorem

Antwort:

- (b) Welche Frequenzbereiche der Signale

Antwort:

- (c) Fehler - Aliasing, graphisch erklären, wie vermeiden?

Antwort:

- (d) wie sieht analoges Signal im Spektrum aus?

Antwort:

19. Signalflussgraph

- (a) Zeitdiskretes vs. Analog?

Antwort:

- (b) Rekursionsgleichung aus Signalflussgraph ermitteln

Antwort:

- (c) Übertragungsfunktion $G_z(z)$ im z-Bereich?

Antwort:

- (d) Ermitteln aller Pol und Nullstellen

Antwort:

- (e) Zeichne Pol-Nullstellendiagramm mit $b=1$

Antwort:

- (f) Welcher Filtertyp? IIR oder FIR

Antwort:

- (g) Ist das System stabil? Begründe

Antwort:

- (h) wie muss man b wählen, damit aus dem System ein Allpass wird (mit $b > 1$)?

Antwort:

20. Blockschaltbild

- (a) rekursive Gleichung aus Blockschaltbild bestimmen,

Antwort:

- (b) Übertragungsfunktion ermitteln

Antwort:

- (c) Pol / Nullstellen bestimmen

Antwort:

- (d) Pol / Nullstellen-Diagramm zeichnen

Antwort:

- (e) für welchen Parameter a wird aus rekursiver Gleichung ein FIR-Filter?

Antwort:

- (f) in welchem Intervall für a wird Filter stabil, wann/warum instabil?

Antwort:

- (g) Eingangssignal als Graph gegeben, Ausgangssignal als Graph bestimmen (Faltung durchführen)

Antwort:

21. $H(z) = \frac{1 - 0,8z^{-1}}{1 + 0,3z^{-1}}$

- (a) Signalflussdiagramm zeichnen

Antwort:

- (b) IIR oder FIR?

Antwort:

- (c) Differenzgleichung?

Antwort:

- (d) Pol/Nullstellendiagramm zeichnen?

Antwort:

- (e) Stabilität im Z- und Zeitbereich?

Antwort: