



## LABOR BERICHT

# Biosignalverarbeitung MGST-B-3-BB-BS-ILV

Gruppe A6: Elektrokardiografie (EKG)

WINTERSEMESTER 2025/26

Studiengang

BACHELOR MEDIZIN-, GESUNDHEITS- UND SPORTTECHNOLOGIE

Verfasser:

*Moritz Mattes*

*Elias Maier*

*Hauke Döllefeld*

LV-Leiter:

*Dr. Aitor Morillo*

*Dr. Gerda Strutzenberger*

letzte Aktualisierung: 14. Dezember 2025

## Inhaltsverzeichnis

<b>1 Einleitung und Zielsetzung</b>	<b>1</b>
<b>2 Vorbereitende Arbeiten</b>	<b>2</b>
2.1 Verwendete Komponenten und Software . . . . .	2
2.2 Vorbereitung des Versuchsaufbaus . . . . .	3
2.2.1 Verkabelung von Laptop, Mikrocontroller und EKG Sensor . . . . .	3
2.2.2 Platzierung der EKG-Elektroden . . . . .	3
<b>3 Versuchsaufbau und Durchführung</b>	<b>4</b>
3.1 Aufgabe 1: Diagramme der Komponenten . . . . .	4
3.2 Aufgabe 2: Daten im Seriellen Plotter . . . . .	6
3.3 Aufgabe 3: Experiment in Ruhe . . . . .	6
3.4 Aufgabe 4: Beschreibung und Erklärung des Ruhe-EKG Codes . . . . .	6
3.5 Aufgabe 5: Fünf-Sekunden-Plot der Ruhe-EKGs . . . . .	6
3.6 Aufgabe 6: Errechnete Daten der Ruhe-EKGs . . . . .	6
3.7 Aufgabe 7: Einordnung der Daten im Kontext derer der Mitstudierenden . . . . .	6
3.8 Aufgabe 8: Plott der Herzfrequenz während des Belastungs-EKGs . . . . .	6
3.9 Aufgabe 9: Ruhephase vor Belastungs-EKG . . . . .	6
3.10 Aufgabe 10: Erholungsphase nach Belastungs-EKG . . . . .	6
3.11 Aufgabe 11: Berechnen des metabolischen Energieverbrauchs . . . . .	6
3.12 Aufgabe 12: Einordnung des Energieverbrauchs und entsprechender Code . . . . .	6
<b>4 Ergebnisse und Interpretation</b>	<b>7</b>
<b>Literaturverzeichnis</b>	<b>III</b>
<b>Abbildungsverzeichnis</b>	<b>IV</b>
<b>Tabellenverzeichnis</b>	<b>V</b>

## 1 Einleitung und Zielsetzung

Das Ziel der zweiten Laboreinheit Elektrokardiografie (EKG) am 01.12.2025 im Rahmen des Kurses *Biosignalverarbeitung* war es, den grundlegenden Aufbau der Hard- und Software für EKG-Messungen und den Test derer Funktionalität durchzuführen. Hierzu wurden EKG-Elektroden an Probanden angebracht und Messungen unter verschiedenen Belastungsbedingungen durchgeführt. Die daraus gewonnenen Signale wurden anschließend aufbereitet, visualisiert und mit den Daten der anderen Gruppen verglichen. Unter die Aufbereitung der Signale fielen unter anderem Filterung von Störsignalen sowie das Berechnen von Herzfrequenz und Herzfrequenzvariabilität. Zuletzt wurde auf Grundlage der wissenschaftlichen Arbeit [1] der Herzfrequenz der Energieverbrauch der Probanden bei Aktivität geschätzt.

## 2 Vorbereitende Arbeiten

### 2.1 Verwendete Komponenten und Software

Es wurden im Rahmen dieser Laboreinheit die in Tabelle 1 aufgeführten Komponenten und Software verwendet:

Typ	Modell	Verwendung
Microcontroller	Sparkfun RedBoard	Erfassung der Sensordaten und Übertragung an den Computer
Sensor	EMG/EKG Sensor	Messung der elektrischen Signale des Herzens
Software	Arduino IDE 1.8.19	Programmierung des Arduino Mikrocontrollers
Software	Python 3.9 (Jupyter Notebook / VS Code)	Verarbeitung, Aufzeichnung und Visualisierung der Sensordaten
USB-Kabel	Standard USB A to B Kabel	Verbindung des Arduino mit dem Computer mittels COM4
3 Jumper Kabel	Standard Jumper Kabel	Verbindung des EMG-Sensors mit dem Arduino
Elektroden	Standard EKG-Elektroden	Ableitung der elektrischen Signale des Herzens

*Tabelle 1: Die im Rahmen der Laboreinheit verwendeten Komponenten und Software*

Das Skript zum Aufzeichen und Speichern der Sensor Rawdaten wurde von Team der Lehrerenden bereitgestellt und konnte ohne große Anpassungen verwendet werden. -> hier vllt Link zu Datei oder Repository einfügen <-

Auch für die Visualisierung der Daten wurde ein Skript zur Verfügung gestellt, welches unter Anderem auf Grund von Artefakten leicht auf unseren spezifischen Fall angepasst werden musste. -> hier vllt Link zu Datei oder Repository einfügen <-

## 2.2 Vorbereitung des Versuchsaufbaus

### 2.2.1 Verkabelung von Laptop, Mikrocontroller und EKG Sensor

Abbildung 1 5 zeigt den Versuchsaufbau zur EKG-Messung mit dem Sparkfun RedBoard Mikrocontroller, dem EMG/EKG Sensor, Laptop und sämtlichen Verbindungsabbeln.

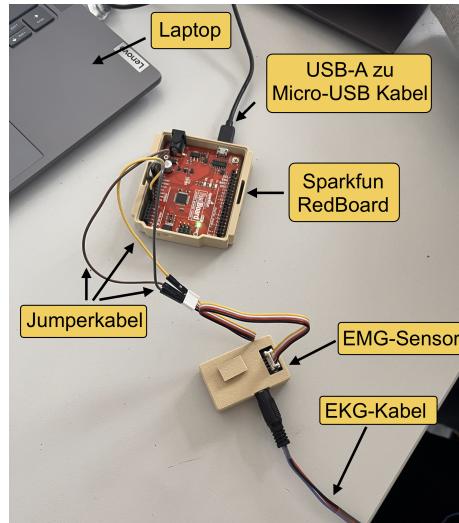


Abbildung 1: Verbindung des EMG/EKG Sensors mit dem Sparkfun RedBoard Mikrocontroller

### 2.2.2 Platzierung der EKG-Elektroden

Die Elektroden des Sensors wurden anschließend an den Probanden / die Probanden angebracht. Die drei Elektroden sind am Manubrium, am linken V6 Ableitpunkt und am C7 der Halswirbelsäule angeklebt worden.



Abbildung 2: Position der Ground-Elektrode auf dem C7 der Halswirbelsäule

In der Abbildung 2 ist die Position der Ground-Elektrode auf dem C7 der Halswirbelsäule zu sehen.

In der Abbildung 3 ist die Position der V6-Elektrode auf dem linken V6 Ableitpunkt - rotes Kabel - sowie der Spannungsquelle auf dem Manubrium - blaues Kabel - zu sehen.

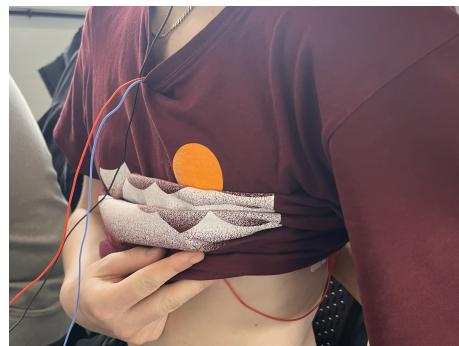


Abbildung 3: Position der V6-Elektrode auf dem linken V6 Ableitpunkt und der Spannungsquelle auf dem Manubrium

### 3 Versuchsaufbau und Durchführung

#### 3.1 Aufgabe 1: Diagramme der Komponenten

##### Beschreibung des Messsystems

Das EKG-Messsystem basiert auf einem SparkFun RedBoard zur Datenerfassung und -verarbeitung. Die Herzaktivität wird über Elektroden aufgenommen, durch ein Sensormodul aufbereitet und anschließend über eine serielle Schnittstelle an einen PC zur Visualisierung übertragen. Die nachfolgenden Tabellen beschreiben die wesentlichen Komponenten sowie die verwendeten Signalpfade und Kommunikationsbussysteme, welche die Grundlage für die zu erstellenden Diagramme bilden.

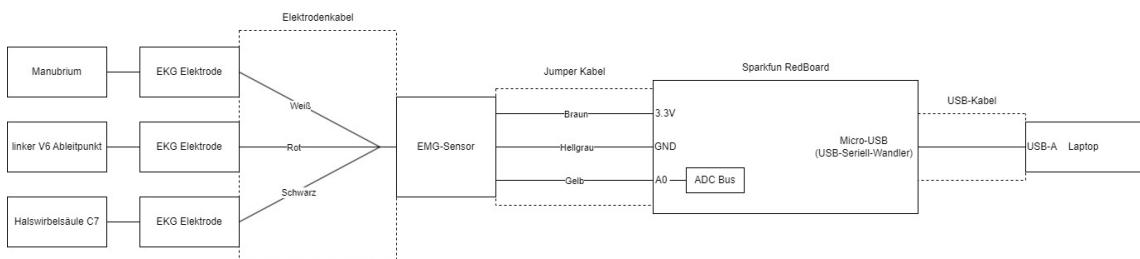


Abbildung 4: Blockschaltbild des EKG-Messsystems mit Signalfluss von links nach rechts.

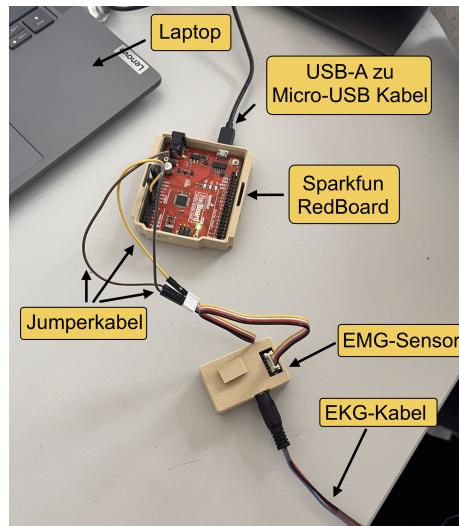


Abbildung 5: Verbindung des EMG/EKG Sensors mit dem Sparkfun RedBoard Mikrocontroller

**Tabelle 1:** Komponentenbeschreibungen

Komponente	Beschreibung und Funktion
EKG-Elektroden (Ag/AgCl)	Leitfähige Pads, die auf der Haut angebracht werden, um die bipotentiellen Spannungsdifferenzen des Herzens aufzunehmen und an das Sensorkabel weiterzuleiten.
Sensormodul (AD8232)	Ein integrierter Signalaufbereitungsblock für EKG-Anwendungen. Er filtert Bewegungsartefakte und verstärkt das Millivolt-Signal auf einen für den Mikrocontroller lesbaren Pegel (0–3.3V oder 0–5V Output).
SparkFun RedBoard (MCU)	Basiert auf dem ATmega328P Mikrocontroller (16 MHz). Er fungiert als ADC-Einheit, die das analoge Sensorsignal abtastet und digital verarbeitet.
FTDI-Chip (On-board)	Der FT231X Chip auf dem RedBoard wandelt die seriellen TTL-Signale des Mikrocontrollers in das USB-Protokoll um, damit der Computer diese lesen kann.
Mini-USB Kabel	Physische Schnittstelle zur Übertragung der Daten vom FTDI-Chip zum PC sowie zur 5V-Stromversorgung des gesamten Boards.
PC / Visualisierungssoftware	Empfängt den Datenstrom über den virtuellen COM-Port. Software (z. B. Serial Plotter oder Processing) stellt die Amplitudenwerte grafisch über der Zeit dar.

*Tabelle 2: Komponenten des EKG-Messsystems (Spezifikationen für SparkFun RedBoard).*

**Tabelle 2: Signalpfade und Bussysteme**

Pfad / Verbindung	Bustyp / Signal	Geschwindigkeit	Technische Details
Sensor → RedBoard Pin A0	Analoges Spannungssignal	Kontinuierlich (Analog)	Übertragung der verstärkten Herzstromkurve als Spannungswert.
Interne Verarbeitung (ATmega328P)	10-Bit ADC Bus (Intern)	Abhängig vom Code (oft ca. 100-500 Hz Sampling)	Der interne ADC wandelt die Spannung in diskrete Integer-Werte von 0 bis 1023 um.
ATmega328P → FTDI Chip	UART (TTL Serial)	500.000 Baud	Asynchrone serielle Übertragung über die RX/TX-Leitungen auf dem Board.
RedBoard (USB) → PC	USB 2.0 (Virtual COM)	12 Mbit/s (USB Full Speed)	Der FT231X Chip puffert die schnellen seriellen Daten und übergibt sie per USB an die Software.

*Tabelle 3: Analyse der Signalpfade und Bus-Spezifikationen.*

- 3.2 Aufgabe 2: Daten im Seriellen Plotter
- 3.3 Aufgabe 3: Experiment in Ruhe
- 3.4 Aufgabe 4: Beschreibung und Erklärung des Ruhe-EKG Codes
- 3.5 Aufgabe 5: Fünf-Sekunden-Plot der Ruhe-EKGs
- 3.6 Aufgabe 6: Errechnete Daten der Ruhe-EKGs
- 3.7 Aufgabe 7: Einordnung der Daten im Kontext der Mitstudierenden
- 3.8 Aufgabe 8: Plott der Herzfrequenz während des Belastungs-EKGs
- 3.9 Aufgabe 9: Ruhephase vor Belastungs-EKG
- 3.10 Aufgabe 10: Erholungsphase nach Belastungs-EKG
- 3.11 Aufgabe 11: Berechnen des metabolischen Energieverbrauchs
- 3.12 Aufgabe 12: Einordnung des Energieverbrauchs und entsprechender Code

## 4 Ergebnisse und Interpretation

## Literaturverzeichnis

- [1] H. Hiilloskorpi, M. Pasanen, M. Fogelholm, R. M. Laukkanen and A. Mänttäri, "Use of heart rate to predict energy expenditure from low to high activity levels," <https://doi.org/10.1055/s-2003-40701>, 2003, international Journal of Sports Medicine, vol. 24, no. 05, pp. 332-336, accessed: 2025-12-01.

Bei der Überarbeitung von Textstellen und beim Erstellen von Code für das Einlesen und Plotten der Dataframes wurden Chat-GPT und Claude Sonnet verwendet.

## Abbildungsverzeichnis

1	Verbindung des EMG/EKG Sensors mit dem Sparkfun RedBoard Mikrocontroller . . . . .	3
2	Position der Ground-Elektrode auf dem C7 der Halswirbelsäule . . . . .	3
3	Position der V6-Elektrode auf dem linken V6 Ableitpunkt und der Spannungsquelle auf dem Manubrium . . . . .	4
4	Blockschaltbild des EKG-Messsystems mit Signallfluss von links nach rechts.	4
5	Verbindung des EMG/EKG Sensors mit dem Sparkfun RedBoard Mikrocontroller . . . . .	5

**Tabellenverzeichnis**

1	Verwendete Komponenten und Software . . . . .	2
2	Komponenten des EKG-Messsystems (Spezifikationen für SparkFun Red-Board). . . . .	5
3	Analyse der Signalpfade und Bus-Spezifikationen. . . . .	6