



LABOR BERICHT

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

Gruppe A6: Labor 3: EMG Signalverarbeitung

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. Januar 2026

Inhaltsverzeichnis

1 Einleitung und Zielsetzung	1
2 Versuchsaufbau und Durchführung	2
2.1 Aufgabe 1: Darstellung des Messsystems	2
2.2 Aufgabe 2: MVC Durchführung	2
2.3 Aufgabe 3: Darstellung der Ergebnisse aus Aufgabe 2	2
2.4 Aufgabe 4: Aufbau des MVC-Versuchsaufbaus	2
2.5 Aufgabe 5: Experiment 2 -Relative Muskelaktivierung	3
2.6 Aufgabe 6: Experiment 3 - Ermüdung	3
2.7 Aufgabe 7: Darstellung des Leistungsspektrums	3
2.8 Aufgabe 8: Medianfrequenz des Leistungsspektrums	4
3 Ergebnisse und Interpretation	5
Literaturverzeichnis	III
Abbildungsverzeichnis	IV
Tabellenverzeichnis	V

1 Einleitung und Zielsetzung

Ziel dieses Versuchs ist die Analyse elektromyographischer (EMG-)Signale zur Quantifizierung der Muskelaktivität sowie zur Untersuchung von Ermüdungsprozessen in der Skelettmuskulatur. Anhand von Messungen der maximalen willkürlichen Kontraktion (MVC), belastungsabhängiger Muskelaktivierung und einer Ermüdungsaufgabe sollen sowohl zeit- als auch frequenzbasierte Kenngrößen des EMG-Signals bestimmt werden. Ein besonderer Fokus liegt dabei auf der normierten Darstellung der Muskelaktivität in Prozent der individuellen MVC sowie auf der Veränderung spektraler Parameter als Indikator für muskuläre Ermüdung.

Zu Beginn werden die aufgezeichneten EMG-Rohdaten vorverarbeitet, um Störanteile und Artefakte zu eliminieren. Dies umfasst die Offset-Korrektur, eine bandpassgefilterte Signal- aufbereitung, die Gleichrichtung sowie die Berechnung der Einhüllenden des EMG-Signals. Anschließend wird aus mehreren MVC-Durchläufen eine gemittelte maximale Muskelaktivierung bestimmt, die als Referenz für alle weiteren Auswertungen dient. Darauf aufbauend wird die relative Muskelaktivität während statischer Belastungen und unter Ermüdung berechnet. Abschließend erfolgt eine Frequenzanalyse der EMG-Signale mittels spektraler Leistungsdichte, wobei insbesondere die Medianfrequenz zu verschiedenen Zeitpunkten der Muskelaktivierung bestimmt wird, um Veränderungen der Kontraktionsgeschwindigkeit der Muskelfasern im Verlauf der Ermüdung zu untersuchen.

2 Versuchsaufbau und Durchführung

2.1 Aufgabe 1: Darstellung des Messsystems

2.2 Aufgabe 2: MVC Durchführung

2.3 Aufgabe 3: Darstellung der Ergebnisse aus Aufgabe 2

2.4 Aufgabe 4: Aufbau des MVC-Versuchsaufbaus

Wie in Abbildung 1 und 2 dargestellt, besteht der MVC-Versuchsaufbau aus mehreren Komponenten. Am Probanden wurden drei Elektroden angebracht, vergleichbar zu jenen, die bereits im Lab 2 verwendet wurden. Zwei Messelektroden wurden auf dem Bauch des Musculus biceps brachii platziert, wobei eine Elektrode etwa zwei Zentimeter distal in Richtung der Sehne angebracht wurde 1. Eine Referenz- bzw. Groundelektrode wurde auf dem Dornfortsatz des siebten Halswirbels (C7) positioniert 2. Diese Platzierung wurde gewählt, um Störungen und bewegungsbedingte Artefakte möglichst gering zu halten.

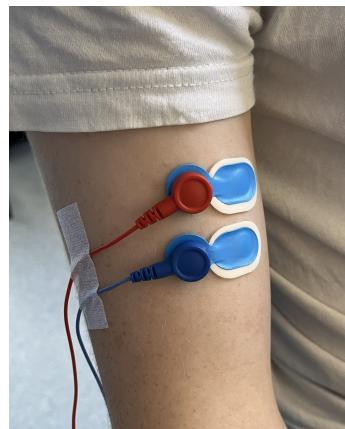


Abbildung 1: Platzierung der Messelektroden für den MVC-Versuch



Abbildung 2: Platzierung der GND-Elektrode auf dem C7-Wirbel

Wie in Abbildung 3 zu erkennen ist, sitzt der Proband auf einem Stuhl, wobei der Unterarm auf dem Oberschenkel aufliegt. Dadurch stellt sich mit minimaler Bewegung ein etwa 90°-Winkel zwischen Ober- und Unterarm ein. Das Handgelenk liegt an der Unterkante des Tisches an. Zur Bestimmung der maximalen willkürlichen Kontraktion wird der Proband angewiesen, mit maximaler Kraft zu versuchen, den Tisch anzuheben. Gleichzeitig sitzt

eine weitere Person auf dem Tisch, um sicherzustellen, dass dieser unbeweglich bleibt und keine sichtbare Bewegung stattfinden kann.



Abbildung 3: Angespannter Zustand des Bizeps während des MVC-Versuchs

Durch diesen Versuchsaufbau wird eine isometrische Kontraktion des Musculus biceps brachii ermöglicht, bei der der Muskel Kraft entwickelt, ohne sich zu verkürzen. Die gewählte Gelenkstellung begünstigt zudem eine nahezu optimale Länge-Spannungs-Relation des Muskels. In Kombination mit der stabilen Körperhaltung und dem unbeweglichen Widerstand erlaubt dies eine maximale Rekrutierung motorischer Einheiten und somit eine maximale willkürliche Kontraktion.

Die maximale Anspannung wird für acht bis zehn Sekunden gehalten, während die EMG-Daten aufgezeichnet werden. Dieser Vorgang wird dreimal wiederholt, wobei zwischen den einzelnen Versuchen eine Pause von etwa einer Minute eingehalten wird, um muskuläre Ermüdung zu vermeiden. Der MVC-Versuch wurde für alle drei Gruppenmitglieder durchgeführt.

Der Bizeps Brachii lässt sich in diesem Versuchsaufbau maximal kontrahieren, da sich um eine isometrische Kontraktion handelt und dadurch kein Kraftverlust durch Beschleunigung auftritt. Zudem bedeutet der 90°-Winkel zwischen Ober- und Unterarm, dass der Bizeps in einer optimalen Länge für die maximale Kraftentwicklung ist.

2.5 Aufgabe 5: Experiment 2 -Relative Muskelaktivierung

2.6 Aufgabe 6: Experiment 3 - Ermüdung

2.7 Aufgabe 7: Darstellung des Leistungsspektrums

Wie in Abbildung 4 dargestellt, zeigt das Leistungsspektrum des EMG-Signals eine deutliche Konzentration der spektralen Anteile im niedrigen Frequenzbereich.

Dieses Spektralverhalten ist charakteristisch für EMG-Signale während isometrischer Kontraktionen und statischer Haltearbeit. Entsprechend liegt auch die Medianfrequenz des Leistungsspektrums im unteren Frequenzbereich. Dies weist auf eine dominante Aktivierung von Typ-I-Muskelfasern (Slow-Twitch-Fasern) hin, die aufgrund ihrer geringen Kontraktionsgeschwindigkeit und hohen Ermüdungsresistenz besonders für ausdauernde Belastungen geeignet sind.

Da das statische Halten eines Gewichts über einen längeren Zeitraum eine Ausdauer- und keine Schnellkraftbelastung darstellt, ist die niedrige Medianfrequenz physiologisch plausibel.



Abbildung 4: Beispielhaftes Leistungsspektrum eines EMG-Signals während einer isometrischen Kontraktion

sibel. Veränderungen der Medianfrequenz im zeitlichen Verlauf können nach Merletti [1] somit als geeigneter Indikator für muskuläre Ermüdungsprozesse herangezogen werden, da eine Abnahme der Medianfrequenz typischerweise mit einer Reduktion der Muskelfaserleitgeschwindigkeit einhergeht.

2.8 Aufgabe 8: Medianfrequenz des Leistungsspektrums

3 Ergebnisse und Interpretation

Literaturverzeichnis

- [1] R. Merletti, D. Farina, H. J. Hermens, B. Freriks, and J. Harlaar, “European recommendations for signal processing methods for surface electromyography,” in *European Recommendations for Surface Electromyography: Results of the SENIAM Project*, H. J. Hermens, B. Freriks, R. Merletti, D. Stegeman, J. Blok, G. Rau, C. Disselhorst-Klug, and G. Hägg, Eds. Enschede, The Netherlands: Roessingh Research and Development, 1999, pp. 33–46, sections 3.5 and 3.6: spectral estimation and muscle fiber conduction velocity. [Online]. Available: <http://www.seniam.org/pdf/contents8.PDF>

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	Platzierung der Messelektroden für den MVC-Versuch	2
2	Platzierung der GND-Elektrode auf dem C7-Wirbel	2
3	Angespannter Zustand des Bizeps während des MVC-Versuchs	3
4	Beispielhaftes Leistungsspektrum eines EMG-Signals während einer isometrischen Kontraktion	4

Tabellenverzeichnis