

Projektdokumentation

Herztöne Analyse

im Rahmen der Veranstaltung

Biosignalanalyse

Gruppe 05

vorgelegt von:

Mohamed Abdelgayed, 5295072

Nasreddin El Alawani, 5220568

Setayesh Sharifipanah, 5266263

Dozent:

Simon Hofmann

Abgabe:

14. 09. 2022

Inhaltsverzeichnis

1. Einleitung	3
2. Arbeitsplan.....	7
3. Zielsetzung	8
4. Material.....	8
5. Methoden	9
5.1. Vorverarbeitung	9
5.2. S1 & S2 Detektion.....	10
6. Ergebnisse	11
7. Diskussion	14
9. Abbildungsverzeichnis	15
10. Tabellenverzeichnis	15

1. Einleitung

Während des Herzkreislaufes fließt zuerst der elektronische Impuls durch das Herz, welches zu einer mechanischen Aktivität in den Vorhöfen und Kammern in Form von Kontraktionen führt. Durch das Öffnen und Schließen der Herzklappen, wird das Blut von den Herzkammern in den Körper gepumpt. Die mechanische Aktivität, die das plötzliche Starten und Stoppen des Blutflusses durch das Herz beschreibt, gibt die Vibration der gesamten Herzstruktur ab [1]. Diese Vibrationen sind auf der Brustoberfläche hörbar und die spezifischen Töne könnten Hinweise auf den Gesundheitszustand des Herzes geben. Die Audioaufzeichnung bzw. graphische Zeitreihendarstellung der erschließenden Geräusche, welche an der Brustoberfläche ausgeführt werden, wird als Phonokardiogramm (PCG) bezeichnet [3].

Die folgenden vier Bereiche, die in der Abbildung 1 dargestellt sind, werden am häufigsten zum Erschließen der Herztöne abgehört [2]:

- Aortenbereich
- Pulmonalerbereich
- Trikuspidalbereich
- Mitralbereich

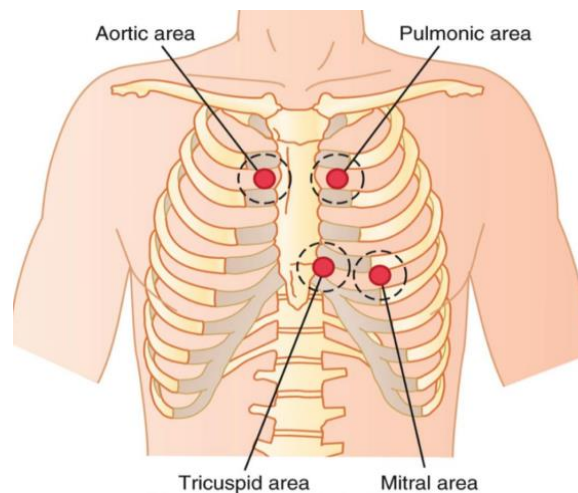


Abbildung 1: Die vier Stellen, um die Herztöne abzuhören [4]

Die fundamentalen Herztöne (FHSs) bestehen in der Regel aus den ersten (S1) und zweiten (S2) Herztönen [1].

S1 tritt zu Beginn der Systole und direkt nach dem R-Peak des EKGs auf. Dies geschieht, wenn die bereits geschlossenen Mitral- und Trikuspidalklappen durch den schnellen Druckanstieg in den Kammern plötzlich an ihre Elastizitätsgrenze stoßen.

S2 tritt zu Beginn der Diastole mit dem Schließen der Aorten- und Pulmonalklappen und zum Ende der T-Welle des EKGs auf.

Folgende Kriterien wurden von klinischen Praxen angewendet, um den Anfang und das Ende jedes Tons zu notieren und definieren:

- der Mitralverschluss, der S1 mit der hochfrequenten Vibration einleitet
- der Aortenverschluss, der die hohen Frequenzen erzeugt, die mit S2 beginnen

Das Ende von S1 und S2 sind durch das Ende der Vibrationen mit hoher Amplitude gekennzeichnet.

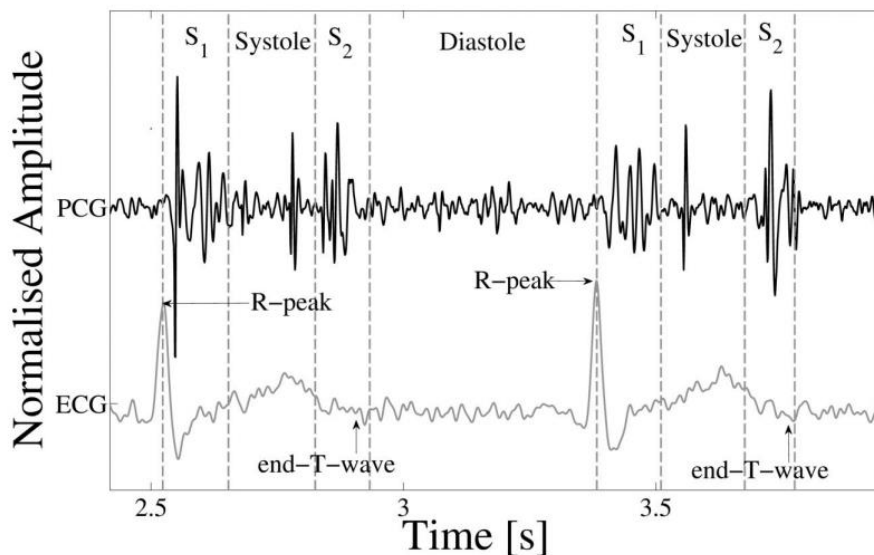


Abbildung 2: beschriftetes EKG und PCG [2]

Die automatisierte Analyse des Herztons besteht in der klinischen Anwendung im Regelfall aus drei Schritten, die in der unten aufgeführten Abbildung 3 dargestellt werden.

Diese sind die

- Vorbereitung
- Segmentierung
- Klassifizierung

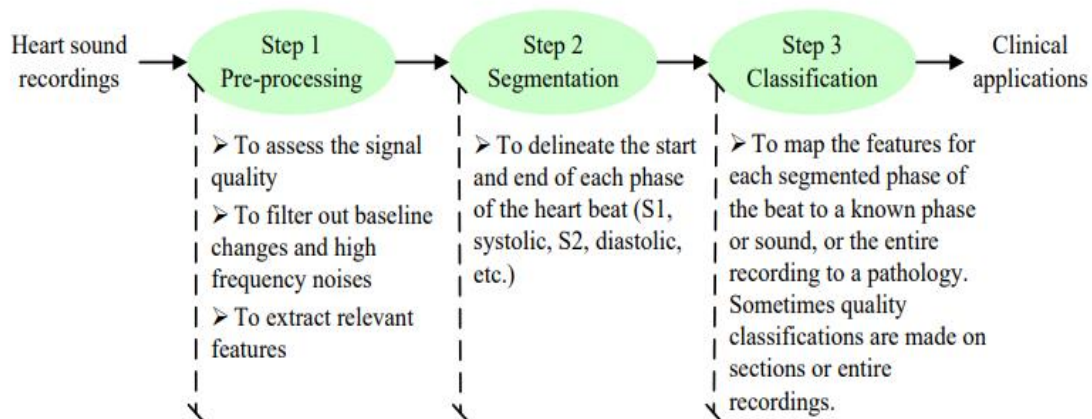


Abbildung 3: Typische drei Schritten für die automatisierte Analyse des Herztones [3]

Die *Vorbereitung* dient zur Beurteilung der Signalqualität, um das Herausfiltern von hochfrequenten Geräuschen zu ermöglichen und relevante Merkmale herauszuziehen.

Die *Segmentierung* dient zur Beschreibung des Beginnes und Ende jeder Phase des Herzschlages (S1, systolisch, S2, diastolisch, etc.).

Die *Klassifizierung* dient der Zuordnung der Merkmale jeder segmentierten Phase des Schlages eines bekannten Tons oder der gesamten Aufzeichnung einer Pathologie.

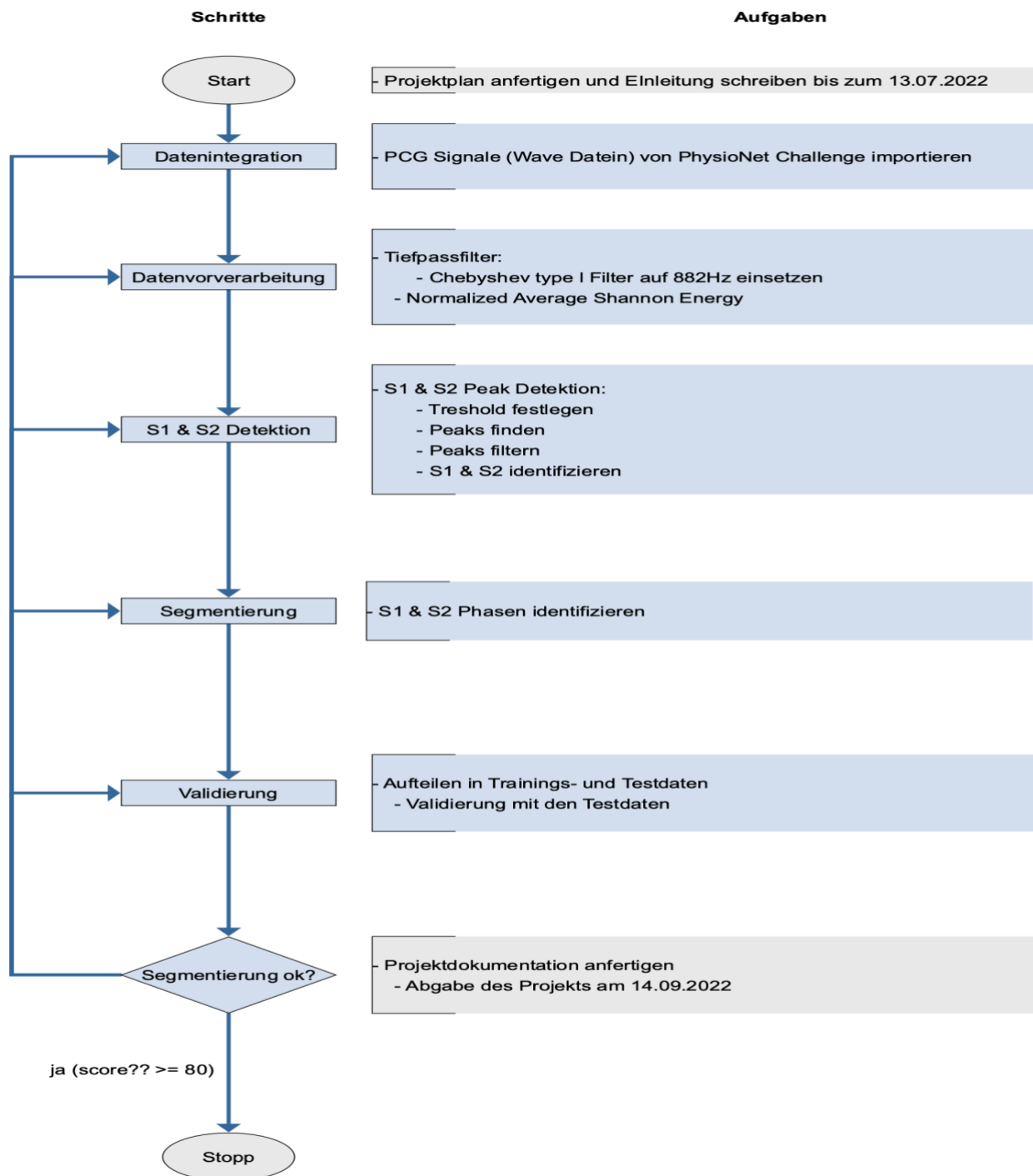
Im Laufe der letzten Jahre wurden viele Methoden der Herztonsegmentierung untersucht.

Die dazu typischen Verfahren werden in vier Typen eingeteilt:

1. Envelope-Based-Methods
2. Feature-Based- Method (wird für die Segmentierung des Signals verwendet)
3. Methode des Machine Learning
4. State-Of-The-Art- Method, Hidden Markov Model

Studien (siehe Abbildung 5) zeigen, dass die Genauigkeit der Diagnose von angeborenen Herzfehlern (KHK) mit der Segmentierungsmethode mehr als 95% beträgt. Die Herztöne liefern wichtige erste Anhaltspunkte bei der Krankheitsbeurteilung, dienen als Orientierungshilfe für weitere diagnostische Abklärung und spielen somit eine wichtige Rolle bei der Früherkennung von Herz-Kreislauf-Erkrankungen. Nach wie vor sind Herz-Kreislauf-Erkrankungen (CVDs) die weltweit häufigste Todesursache. Schätzungsweise starben 17,5 Millionen Menschen im Jahr 2012 an CVDs, was 31% aller Todesfälle weltweit entspricht. Einer der ersten Schritte bei der Beurteilung des Herz-Kreislauf-Systems in der klinischen Praxis ist die körperliche Untersuchung. Die Auskultation der Herztöne ist ein wesentlicher Bestandteil der körperlichen Untersuchung und kann viele pathologische Herzerkrankungen, wie beispielsweise Klappenerkrankungen oder Herzinsuffizienz, aufdecken [3].

2. Arbeitsplan



Angepasst nach Quelle: Kroll, Andreas. Computational Intelligence.
Berlin: De Gruyter Studium, 2016. 978-3-11-040066-3

Abbildung 4: Arbeitsplan

3. Zielsetzung

Ziel der vorliegenden Arbeit ist es, die Herztöne in den folgenden zwei Segmenten aufzugliedern: S1 und S2.

Die Segmentierung erfolgt in fünf verschiedenen Phasen:

1. Datenintegration
2. Datenvorverarbeitung
3. S1 & S2 Detektion
4. Segmentierung
5. Validierung

4. Material

Die folgenden Daten wurden im Projekt genutzt:

- Die Training-Daten auf PhysioNet-Dataset

Die Training-Daten sind von der Webseite heruntergeladen, die die Audio-Dateien von Herztönen enthalten.

Für das Programmieren wurden folgende Geräte verwendet:

- Ein Laptop mit dem MacOS-Betriebssystem

Die App wurde mit der Python-Programmiersprache geschrieben und lokal mit Pycharm als Entwicklungsumgebung gearbeitet.

Zusätzlich wurden noch weitere Bibliotheken verwendet:

Name	Version
librosa	0.9.1
matplotlib	3.4.3
scipy	1.7.1
numpy	1.21.3

Tabelle 1: Python Bibliotheken

Als Version-Control wurden GitLab und Git für die Softwareentwicklung des Projekts verwendet.

5. Methoden

Der Segmentierungsalgorithmus des Projekts basiert auf der Envelope, welcher unter der Verwendung der normalisierten durchschnittlichen Shannon Energy berechnet wird. Dies dämpft die Wirkung von niederwertigem Rauschen und ermöglicht die Geräusche mit niedriger Intensität leichter zu finden.

5.1. Vorverarbeitung

In der Phase der Vorverarbeitung wird ein Tiefpassfilter für hochfrequente Störgeräusche entworfen. Für den Tiefpassfilter (The Chebyshev type I Filter) wird eine Grenzfrequenz von 882 Hz gewählt.

Das Signal wird absolut maximal normiert. Anschließend wird die Envelope des normalisierten dezimierten Signals berechnet. Die Shannon Energy betont das Signal mittlerer Intensität und dämpft die Wirkung des Signals niedriger Intensität viel mehr als das Signal höherer Intensität. Daher ist die Shannon Energy dabei vorteilhaft, den Unterschied der Envelope Intensität zwischen den Sounds niedriger Intensität und den Sounds höherer Intensität zu verkürzen. Diese Verringerung erleichtert das Auffinden von Geräuschen mit geringer Intensität. Zunächst wird die durchschnittliche Shannon Energy in kontinuierlichen 0,02-Sekunden-Segmenten über das gesamte Signal hinweg berechnet, wobei sich 0,01-Sekunden-Segmente überschneiden. Zum Schluss wird die normalisierte durchschnittliche Shannon Energy mit der Zeitachse berechnet.

5.2. S1 & S2 Detektion

Auf Grundlage der normalisierten durchschnittlichen Shannon Energy Envelope berechneten Envelopogramms wird ein Threshold festgelegt, um die Wirkung von Rauschen und Signalen mit sehr niedriger Intensität zu eliminieren. Die Peaks jedes Teils, dessen Levels den Threshold überschreiten, werden aufgenommen und vorübergehend als S1 oder S2 angenommen. An dieser Stelle wird nur ein Peak für jede Überschreitung ausgewählt, obwohl es mehr als ein Peak über der Threshold existiert. Die Wahl des Peaks für jedes Überschwingen basiert auf den folgenden Kriterien:

1. Es wird immer ein Peak aufgenommen
2. Existieren zwei oder mehr Peaks, werden diese als gesplittete erst und zweit Herztöne aufgezeigt. Somit wird nur der erste Peak aufgenommen, um den Beginn jedes Tons zu erhalten.

Nachdem alle S1s und S2s erkannt wurden, müssen diese identifiziert werden. Dabei basiert die Identifizierung auf folgenden Tatsachen:

1. Das größte Intervall einer Aufzeichnung ist die diastolische Periode.
2. Die systolische Periode ist im Vergleich zur diastolischen konstant.

Gemäß diesen Tatsachen wird ausgehend vom größten Intervall die Intervalle sowohl vorwärts als auch rückwärts untersucht, um die relative Konsistenz der systolischen und diastolischen Intervalle durch unterschiedliche Toleranzen aufrechtzuerhalten. [6]

6. Ergebnisse

Im Folgenden wird das Signal der a0001.wav Datei vom Resources Ordner dargestellt und noch dasselbe Signal nach der Vorverarbeitungsphase:

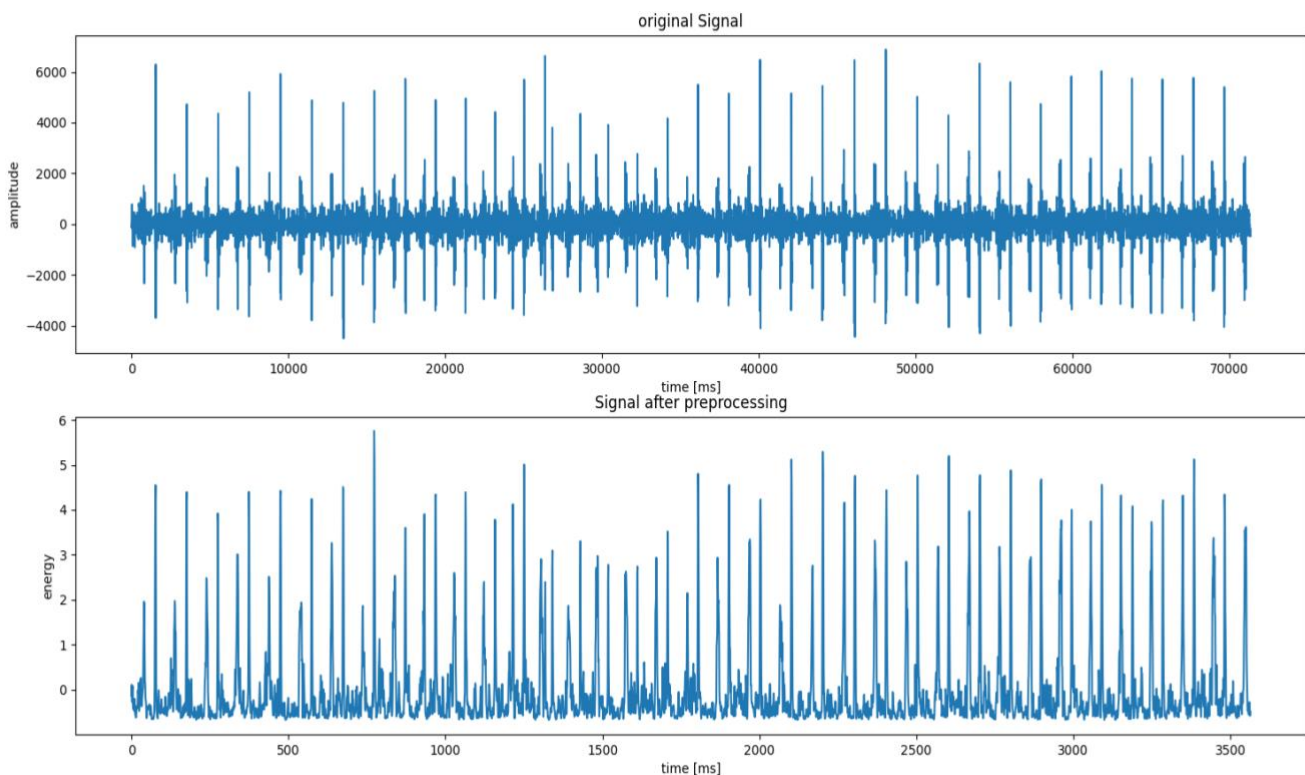


Abbildung 5: Plots der preprocessing_figure.py Datei

Im nächsten Plot werden alle Peaks der S1 und S2 dargestellt. Anschließend werden die Peaks auf das Signal nach der Vorverarbeitungsphase eingesetzt.

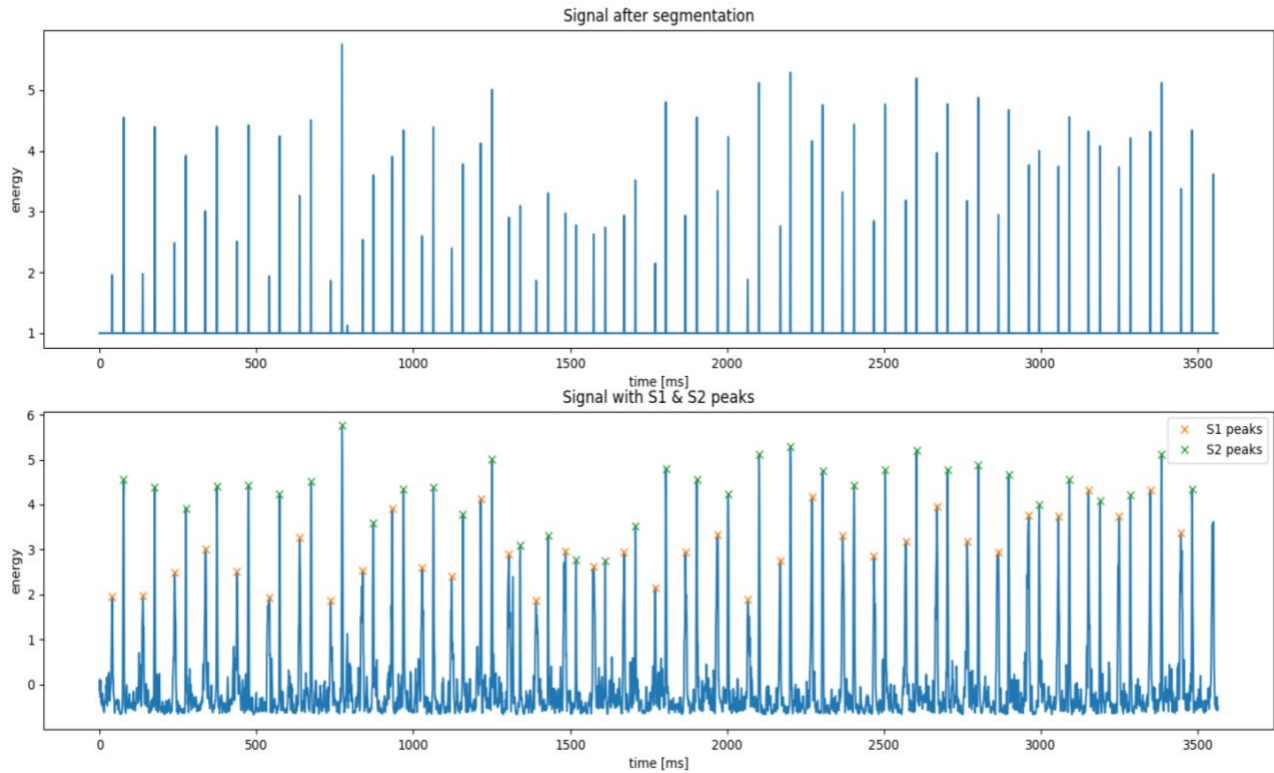


Abbildung 6: Plots der peaks_figure.py Datei

Die folgende Darstellung stellt das finale Ergebnis des Projekts dar. Hier wird ersichtlich, wo sich genau die Phasen der S1 und S2 befinden.

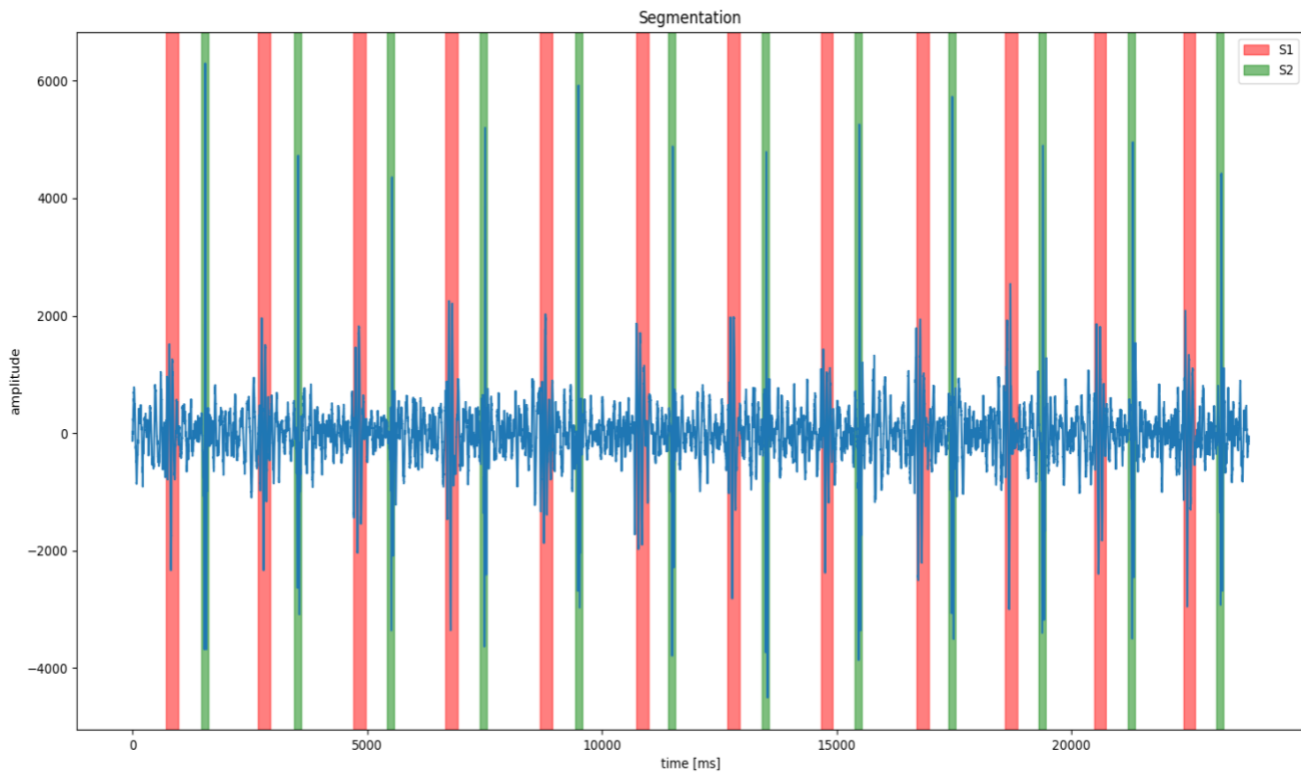


Abbildung 7: Plots der `segment_figure.py` Datei

7. Diskussion

Die S1 und S2 Peaks Detektion war nicht immer genau. Ein Grund dafür sind die Artfakten, die nicht ausgefiltert wurden.

Außerdem sollten die Phasen S1 und S2 dynamisch berechnet werden, trotz tiefgründiger Recherche war keine passende Formel auffindbar. Dementsprechend wurde es statisch eingesetzt.

Aus zeitlichen Gründen fehlt noch die Validierung.

8. Literaturverzeichnis

- [1] Leatham, A. (1975) Auscultation of heart and phonocardiography: Churchill Livingstone
- [2] Springer DB (2015) Mobile phone-based rheumatic heart disease in: Department of Engineering Science: University of Oxford
- [3] Liu et al. An Open Access Database for the Evaluation of Heart Sound Algorithms
- [4] Guyton and Hall Textbook of Medical Physiology, 12 Edition, 2011
- [5] L.S. W. Lai, A. N. Redington, A.J. Reinisch, M. J. Unterberger, and A.J. Schriebl. „Computerized automatic diagnosis of innocent and pathologic murmurs in pediatrics: A pilot study” Congenital Heart Disease, vol. 11, no. 5, pp. 386-395, Sep. 2016.
- [6] H. Liang, S. Lukkarinen, und I. Hartimo, „Heart Sound Segmentation Algorithm Based on Heart Sound Envelopogram“, Helsinki University of Technology, Espoo, Finland. [Online]. Verfügbar unter: <https://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.470.483&rep=rep1&type=pdf>

9. Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Die vier Stellen, um die Herztöne abzuhören [4]

Abbildung 2: beschriftetes EKG und PCG [2]

Abbildung 3: Typische drei Schritten für die automatisierte Analyse des Herztones [3]

Abbildung 4: Arbeitsplan

Abbildung 5: Plots der preprocessing_figure.py Datei

Abbildung 6: Plots der peaks_figure.py Datei

Abbildung 7: Plots der segment_figure.py Datei

10. Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Python Bibliotheken