

ANALYSE: ASYMMETRISCHE MUSKELBELASTUNG BEI KNIEBEUGEN VOR UND NACH AUSGLEICH

Biomechanik Projekt

Franziska Brugger, Giorgio Färber, Maximilian Gerg, Felix
Münzer



15. Januar 2025

Abstrakt

adasdasdasdasd

Inhaltsverzeichnis

Abbildungsverzeichnis

Tabellenverzeichnis

1 Motivation

Ambidextrie beschreibt die Fähigkeit mit beiden Händen gleich geschickt zu sein [1]. Da die meisten Menschen nicht ambidextr sind, haben die sie eine stärkere und eine schwächere Seite. Das ist beim Schreiben oder Malen nicht weiter problematisch. Werden aber bei Belastung wie körperlicher Arbeit oder beim Sport Muskeln unterschiedlich stark belastet, kann das zu Fehlhaltungen und Schmerzen führen. Dadurch können Gelenke ungünstig belastet werden, was zu Gelenkverschleiß führen kann. Muskuläre Dysbalancen können verschiedene Ursachen haben.

1.1 Fehlhaltung im Alltag

Personen die im Alltag überwiegend sitzen nehmen häufig eine Fehlhaltung ein, was zu einer Dysbalance zwischen Brust- und oberer Rückenmuskulatur führen kann. Auch werden viele anstrengende Aufgaben, wie das Tragen von schweren Taschen oder das Öffnen von Marmeladengläsern, meist mit der stärkeren Hand erledigt. Dadurch wird diese Seite sträker und beweglicher, was zu Schulterproblemen führen kann.

1.2 Fehlhaltung nach Verletzungen

Durch Verletzungen können kompensierende Fehlhaltungen entstehen. Ein verletztes Knie kann zum Beispiel dazu führen, dass Menschen mit der verletzten Seite weniger stark auftreten. Das unverletzte Bein wird dadurch stärker beansprucht, wodurch das gesunde Bein stärker beansprucht wird und die Muskeln am verletzten Knie sogar weiter abnehmen.

1.3 Falsches Training

Werden beim Kraftsport Übungen fehlerhaft ausgeführt, gleicht der Körper das ungleiche Kräfteverhältnis meist unbemerkt aus.

Steht das Becken nach rechts schief, dreht der Brustwirbel den Oberkörper nach links ein, das Kopfgelenk neigt den Kopf wieder nach rechts und so weiter - bei Sportlern findet meistens eine Art Kettenreaktion von unten nach oben statt. Dann sind die Augen wieder horizontal und man merkt nicht, dass man überhaupt eine Fehlhaltung eingenommen hat"[2]

Bei Kniebeugen kann es dann zum Beispiel passieren, dass sich der Sportler auf eine Seite lehnt und dadurch das kräftigere Bein stärker beansprucht als das ohnehin bereits schwächere Bein.

2 Methodik

3 Messinstrumente

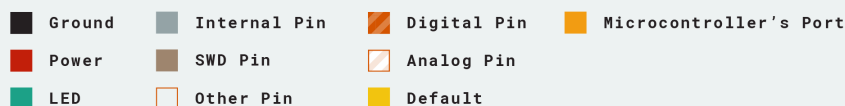
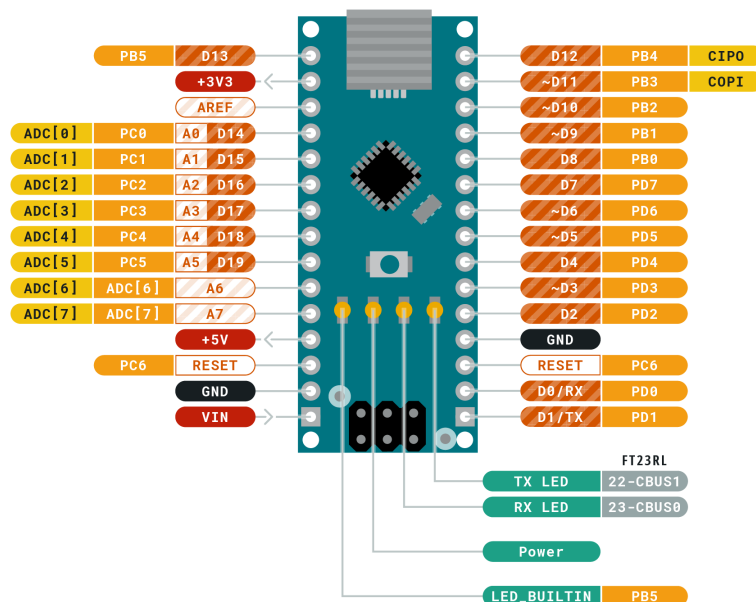
3.1 Wägezelle

Wägezellen messen mechanische Verformungen. Wird auf eine Wägezelle eine Gewichtskraft $F = m \cdot g \left[\frac{\text{kg} \cdot \text{m}}{\text{s}^2} \right]$ (m = aufgebrachte Masse und $g = 9.81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$) aufgebracht, verformt sich diese unter der Krafteinwirkung. Auf der Wägezelle sind Dehnungsmessstreifen aufgebracht, deren Widerstand sich bei Verformung ändert. Die Dehnungsmessstreifen sind in einer Wheatstone-Brücke verschaltet, die die Widerstandsänderung in eine Spannungsänderung umwandelt, die meist nur im Bereich weniger Millivolt liegt. Diese Spannungsänderung ist proportional zu aufgebrachten Gewichtskraft.

In diesem Versuch wird eine Wägezelle mit dem Wägesensor HX711 eingesetzt. Der Sensor HX711 ist ein Analog-Digital-Wandler, der die analogen Spannungsänderungen der Wheatstone-Brücke verstärkt und in ein digitales Signal umwandelt. Dieses digitale Signal kann dann von einem Mikrocontroller verarbeitet werden. In diesem Projekt wird der Arduino Nano verwendet.



**ARDUINO
NANO**



This work is licensed under the Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0 International License. To view a copy of this license, visit <http://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/> or send a letter to Creative Commons, PO Box 1866, Mountain View, CA 94042, USA.

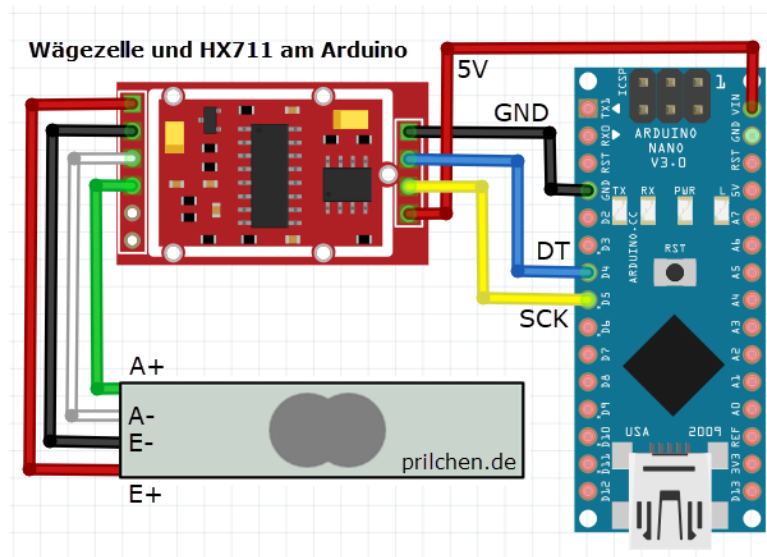
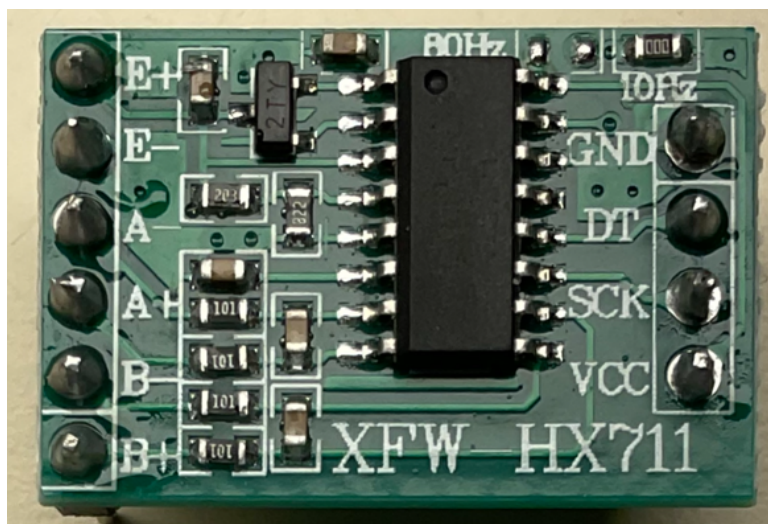


Abbildung 3.1: HX711 Schaltung mit Arduino Nano [4]

figure[Nano-Pinlayout]Nano-Pinlayout [3]



figure[HX711]HX711 [4]

Um die Signale der Wägezelle an den HX711 weiterzugeben und die Signale des HX711 mit dem Arduino Nano verarbeiten und die Daten lesbar darzustellen, müssen die drei Komponenten miteinander verschaltet werden und korrekt kommunizieren.

Zuerst wird die Wägezelle an eine 5 V Gleichstromquelle angeschlossen und dann mit dem HX711 verbunden. Wodurch die Wägezelle die analogen Signale an den HX711 weitergeben kann. Der HX711 wandelt sie dann in ein digitales Signal und gibt dieses an den Arduino Nano weiter. Der VCC-Pin HX711 wird mit dem 5V-Pin des Arduino Nano verbunden. Der GND-Pin mit dem GND-Pin des Arduino. Der DT-Pin ist der Datenausgang des HX711 und wird mit irgendeinem der Digital-Pins des Nanos verbunden, genauso wie der SCK-Pin, z.B. $DT - Pin \rightarrow D3 - Pin$ und $SCK - Pin \rightarrow D2 - Pin$. Der SCK-Pin oder serial-clock-Pin steuert die Übertragung des Signals des DT-Pins. Der Arduino gibt auf dem SCK-Pin den Takt vor, mit dem der HX711 die Daten an den Mikrocontroller sendet. Der Arduino setzt den SCK-Pin auf high und dann wieder auf low. Dieser Wechsel, vom Ende eines low-Signals zu einem high- und wieder einem low-Signal ist ein Takt. Der HX711 sendet dann pro Takt ein Bit, also einen low-Puls für 0 und einen high-Puls für 1.

Der Arduino-Nano wird dann an einen Computer angeschlossen. In der Arduino IDE können mithilfe der passenden Library und einem Code die Daten ausgelesen und gespeichert werden.

Der auf dem Arduino ausgeführte C-Code liest periodisch den analogen Wert des HX711 aus. Zunächst muss der Sensor initialisiert werden. Dies geschieht durch:

1. **Angabe eines Kalibrationswertes:** Dieser Wert dient der genauen Gewichtsmessung.
2. **Tara-Einstellung:** Die Waage wird auf 0 kg gesetzt, um sicherzustellen, dass nachfolgende Messungen korrekt sind.

Nach der Initialisierung ist die Waage bereit, Messdaten auszugeben.

Für die Ausgabe eines Messwerts werden die gemessenen Daten über den Serial-Port übertragen. Dabei wird angegeben, ob die Messung von der linken oder rechten Waage stammt. Die Ausgabe erfolgt beispielsweise wie folgt:

```
Gewicht rechts [kg]: -0.00118
Gewicht links [kg]: -0.00321
Gewicht rechts [kg]: -0.00118
Gewicht links [kg]: -0.00223
```

Der serielle Monitor verarbeitet die Ausgabe des Arduinos und ergänzt jeden Messwert mit einem Zeitstempel, der den Zeitpunkt angibt, zu dem der Messwert den Computer erreicht. Dadurch wird es möglich, die seriellen Daten in Echtzeit als Graph über die Zeit darzustellen, wie in Abbildung ?? veranschaulicht.

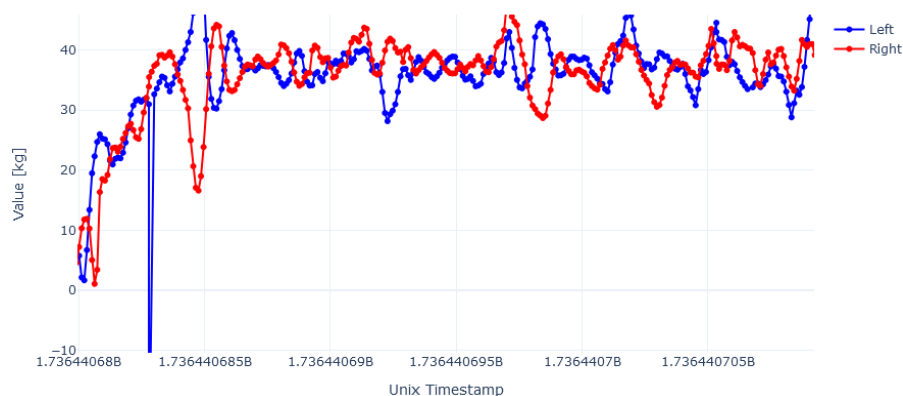


Abbildung 3.2: Ausgabe der Messdaten mit Python

Allen Daten werden in einem CSV-Format gespeichert. Sie können nun beliebig aufbereitet und analysiert werden.

3.2 Elektromyographie

Mit einem EMG kann die elektrische Muskel-Aktivität gemessen werden.

Dazu wird die elektrische Aktivität in einem ruhenden und einem kontrahierten Muskel gemessen. Das Signal entsteht aus dem Aktionspotential der Muskelfasermembran und dem Depolarisations- und

Repolarisationsverlauf, der in ?? als Funktion der Zeit dargestellt ist. Im Ruhetonus liegt das Potential zwischen -80 und -90 mV.

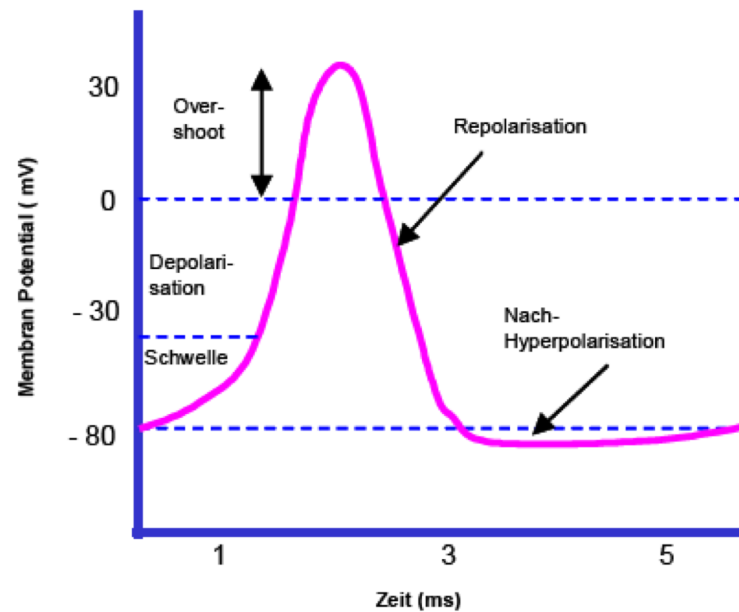


Abbildung 3.3: De- und Repolarisation und Aktionspotential Muskelfasermembran [Vorlesung-Muskulatur-EMG]

Eine Muskelkontraktion startet auf Sarkomerebene. Durch das Zusammenwirken aller Sarkomere wird die Umwandlung von chemischer Energie in mechanische Energie als Kontraktion des Muskels sichtbar.

Ein Nervenimpuls gelangt als Aktionspotential über das Axon eines Motoneurons zum Axonende. Durch Neurotransmitter, die in den postsynaptischen Spalt ausgeschüttet und dann an den Rezeptor der postsynaptischen Membran binden, wird der Prozess der Depolarisation in der Muskelfaser ausgelöst, der auf der linken Seite von ?? dargestellt ist:

Der Rezeptor ist ein Kanal für Kationen, also positiv geladene Ionen wie Natrium-, Calcium- oder Kaliumionen. Wird der Ionenkanal geöffnet, kommt es zum Einfluss von Kationen und zu einer Depolarisation der Muskelfaser. Wird ein gewisses Schwellenpotential überschritten, öffnen sich spannungsabhängige Natrium-Kanäle, wodurch ein Aktionspotential ausgelöst wird, das als EMG-Signal gemessen werden kann. In ?? als Schwelle gekennzeichnet, ab der die Steigung der Potential-Funktion zunimmt, bis die Funktion bis $+20$ bis $+30$ mV steigt. Das Aktionspotential löst nun wiederum die Öffnung von spannungsgesteuerten Calcium-Kanälen aus, wodurch Calcium-Ionen in der Muskelfaser freigesetzt werden. Es kommt zu einer Anhäufung von Calcium-Ionen in der Muskelfaser. Dadurch steigt Calciumkonzentration, was die Kontraktion der Muskelfaser auslöst.

Noch bevor der Höhepunkt des Aktionspotentials erreicht ist, werden die Natriumkanäle inaktiv und positiv geladene Kalium strömen aus der Zelle. Das Potential nähert sich nach einer Hyperpolarisationsphase, während der das Potential unter das Ruhepotential von -80 mV fällt, wieder dem Ruhepotential an.

Die EMG-Messung findet in der Hochschule im Labor für Ergonomie statt. Die Daten werden mithilfe eines Programms von NORAXON ausgelesen und analysiert.

4 Ausgleichsübungen

5 Auswertung

6 Fazit

Literatur

- [1] URL: <https://www.wissen.de/lexikon/ambidexter> (besucht am 15.11.2024).
- [2] Anna Schirmer. *Muskuläre Dysbalancen So erkennst du Ungleichgewichte in der Muskulatur rechtzeitig*. 2024. URL: <https://www.menshealth.de/krafttraining/so-erkennst-du-muskulaere-dysbalancen-rechtzeitig/> (besucht am 25.10.2024).
- [3] *Arduino.cc*. URL: <https://store.arduino.cc/en-de/products/arduino-nano>.
- [4] *prilchen.de*. URL: <https://prilchen.de/eine-waage-mit-arduino-erstellen/>.

Anhang

Any Außen - Vorher

Noraxon Standard EMG Analysis

Subject:

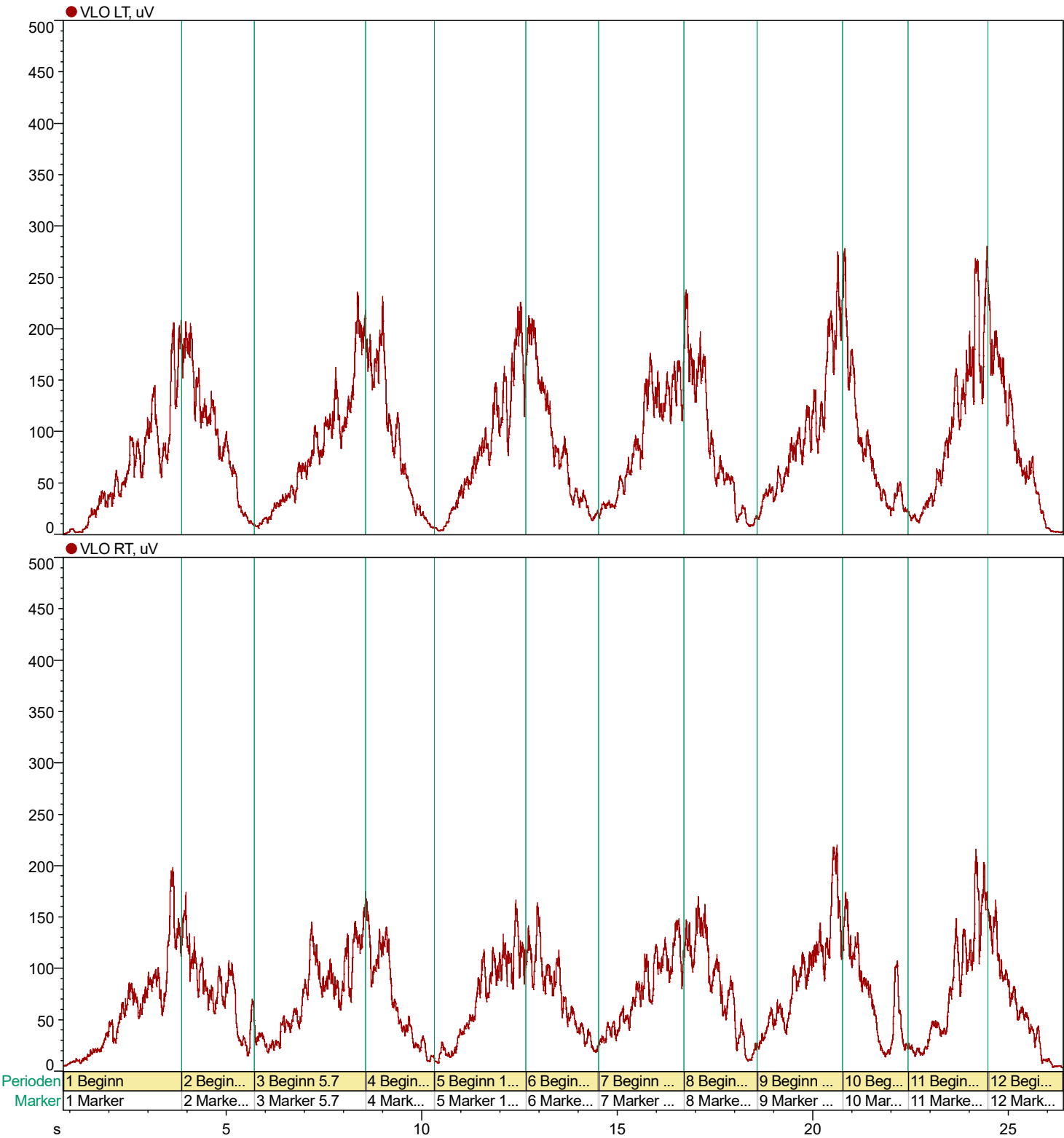
Nachname Franziska
Vorname Brugger
Geburtsdag

Record:

Name Any Außen 1
Messdatum 10.12.2024 16:26
Anzahl der Perioden 12



Analyzed Signals / Periods



Subject Comments

Any Mitte - Vorher

Noraxon Standard EMG Analysis

Subject:

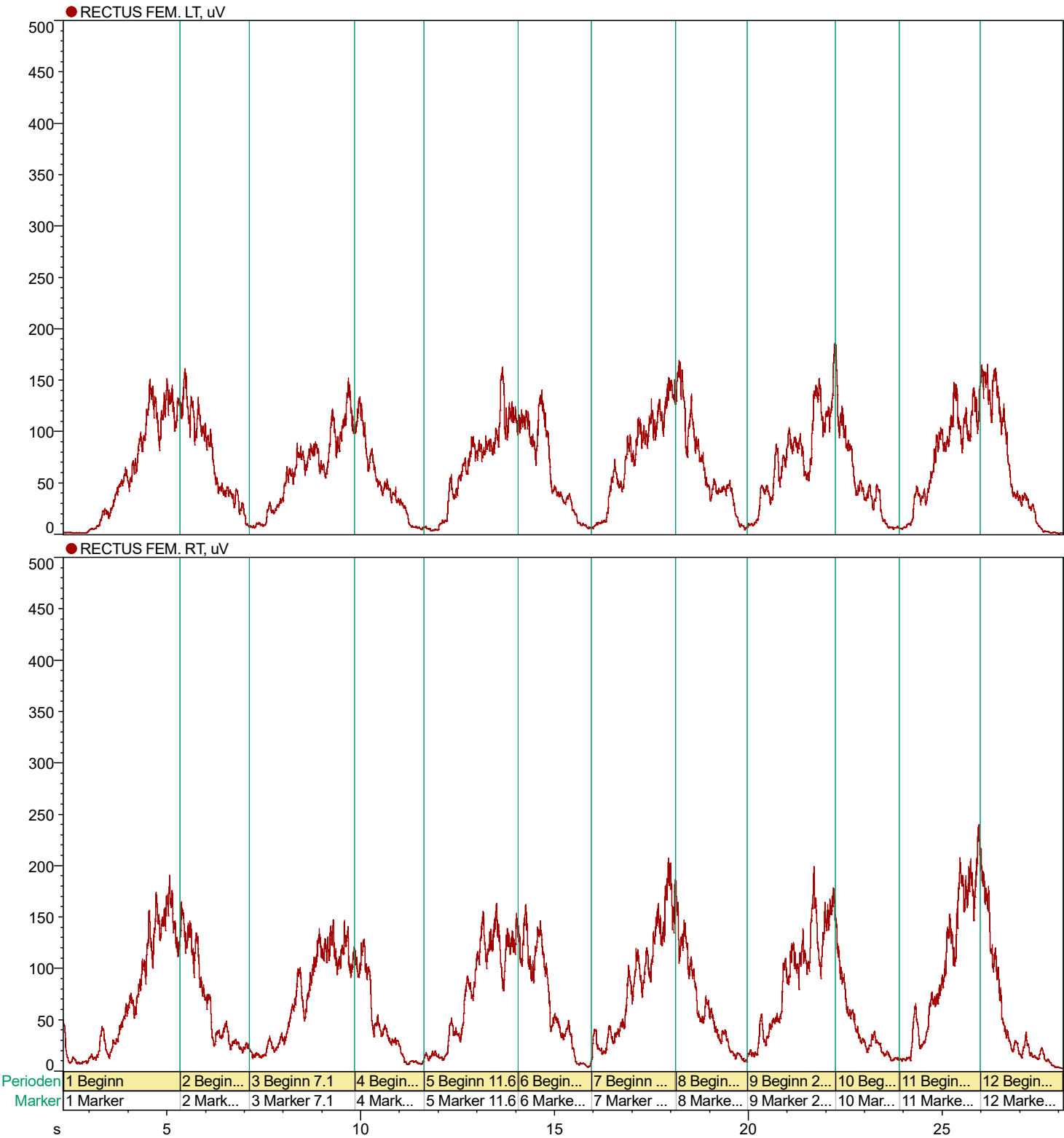
Nachname Franziska
Vorname Brugger
Geburtstag

Record:

Name Any Mitte 1
Messdatum 10.12.2024 16:21
Anzahl der Perioden 12



Analyzed Signals / Periods



Subject Comments

Any Innen - Vorher

Noraxon Standard EMG Analysis

Subject:

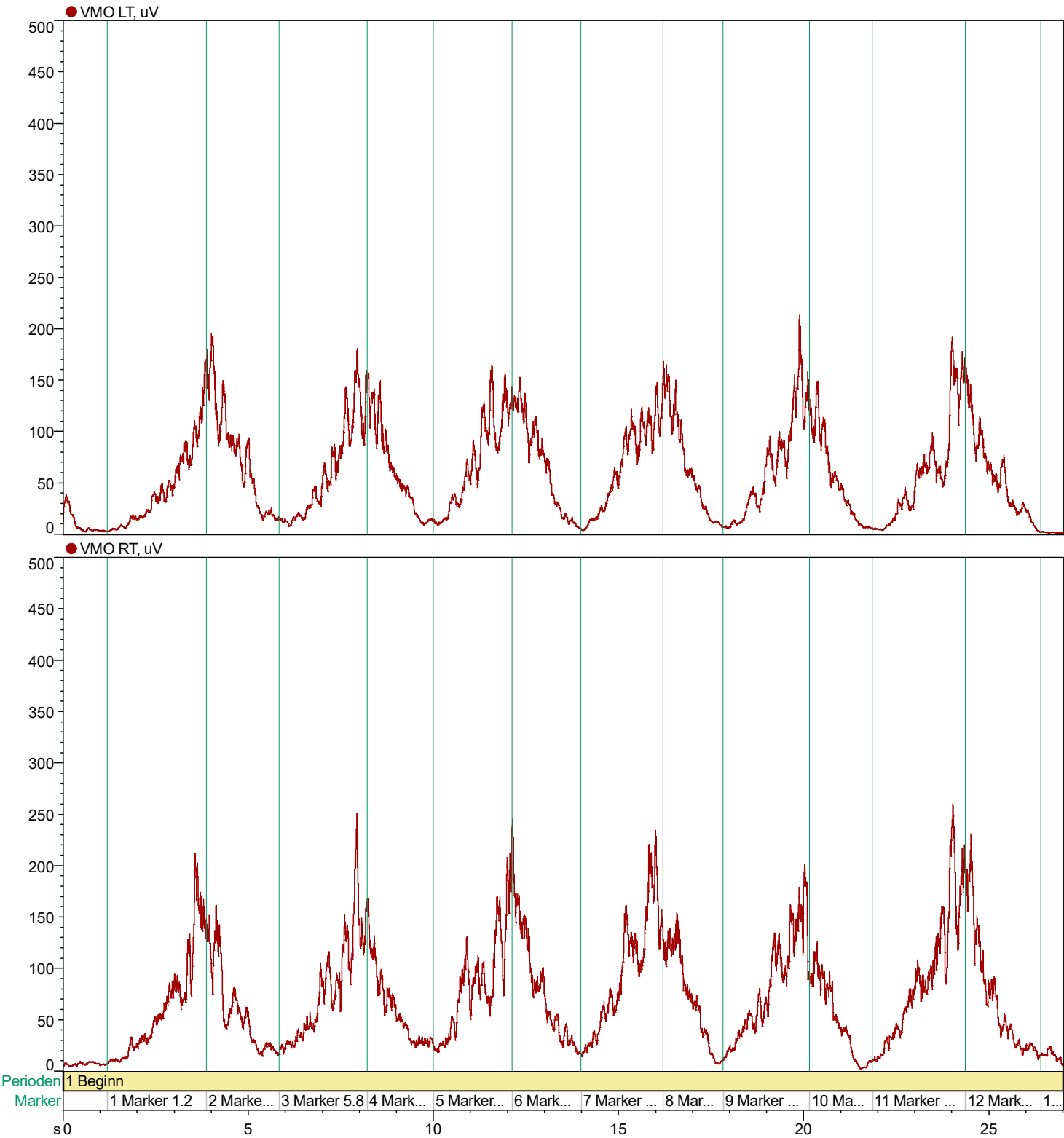
Nachname Franziska
Vorname Brugger
Geburstag

Record:

Name Any Innen 1
Messdatum 10.12.2024 16:30
Anzahl der Perioden 1



Analyzed Signals / Periods



Subject Comments