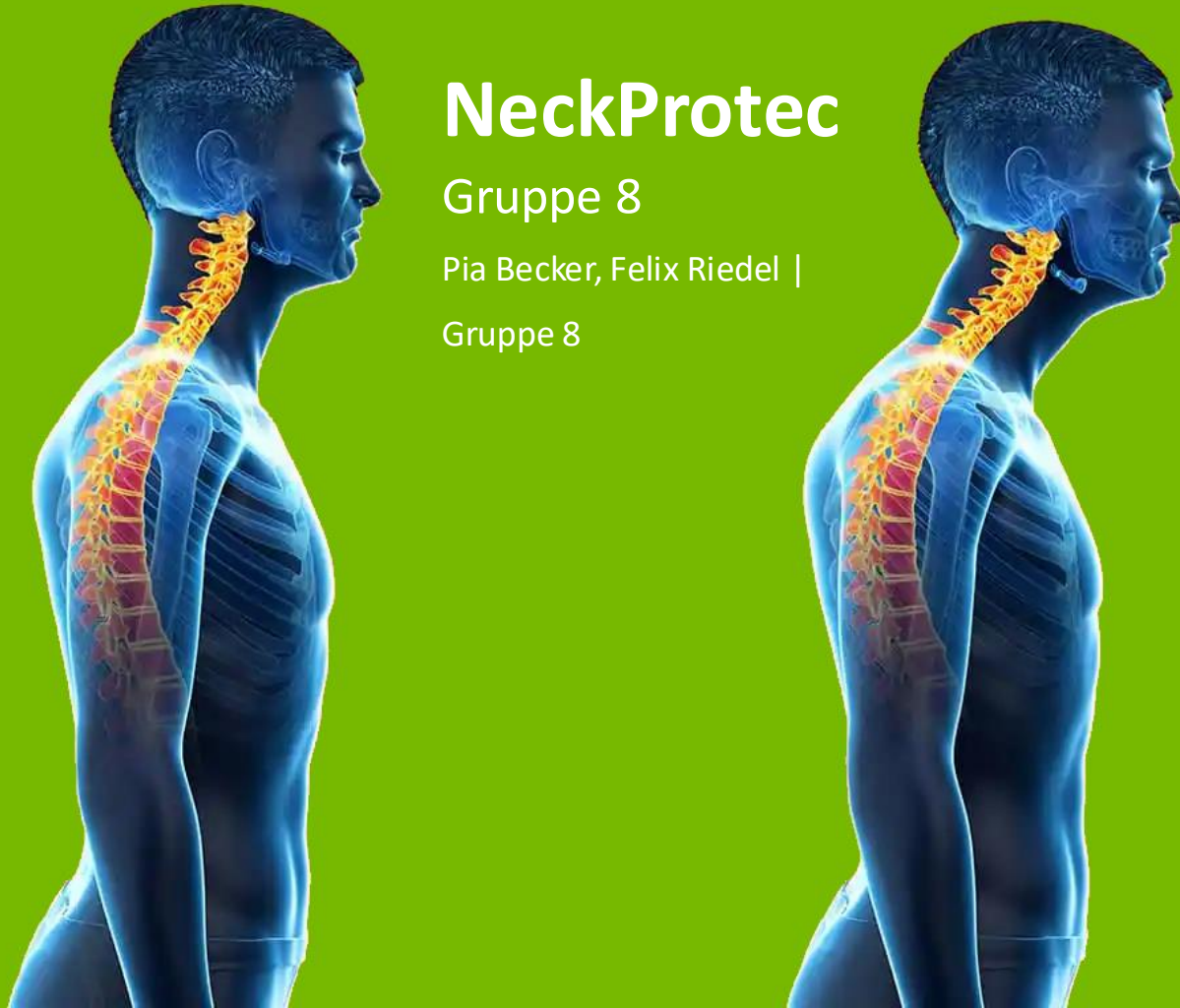


NeckProtec

Gruppe 8

Pia Becker, Felix Riedel |

Gruppe 8



Hochschule für Technik
und Wirtschaft Berlin

University of Applied Sciences

Agenda

1 **Rückblick**

2 **Hardware**

3 **Daten**

4 **Modelle**

5 **Umsetzung**

6 **Resultat**

7 **Ausblick**

1. Rückblick

Rückblick – Motivation

NeckProtec als Lösung für schlechte Nackenposition im Alltag

How texting could damage your spine

Forces on the neck increase the more we tilt our heads, causing spine curvature

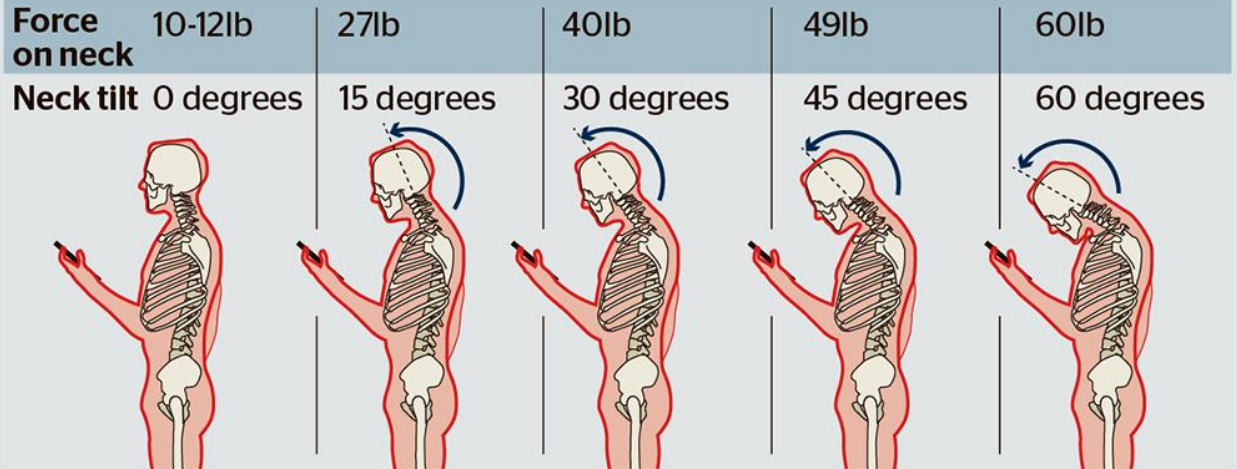


Fig.: 2

Rückblick – Motivation

NeckProtec als Lösung für schlechte Nackenposition im Alltag



How texting could damage your spine

Forces on the neck increase the more we tilt our heads, causing spine curvature

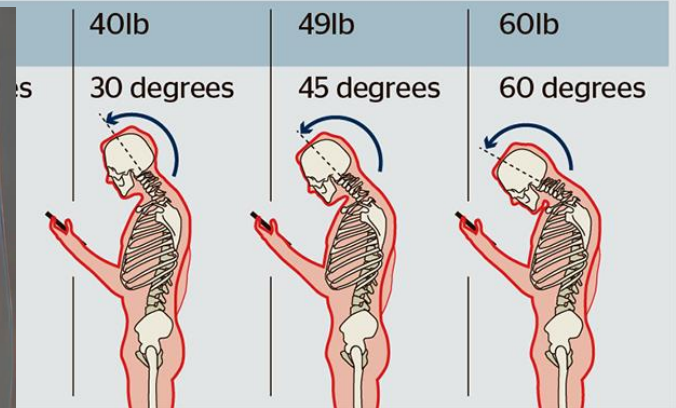
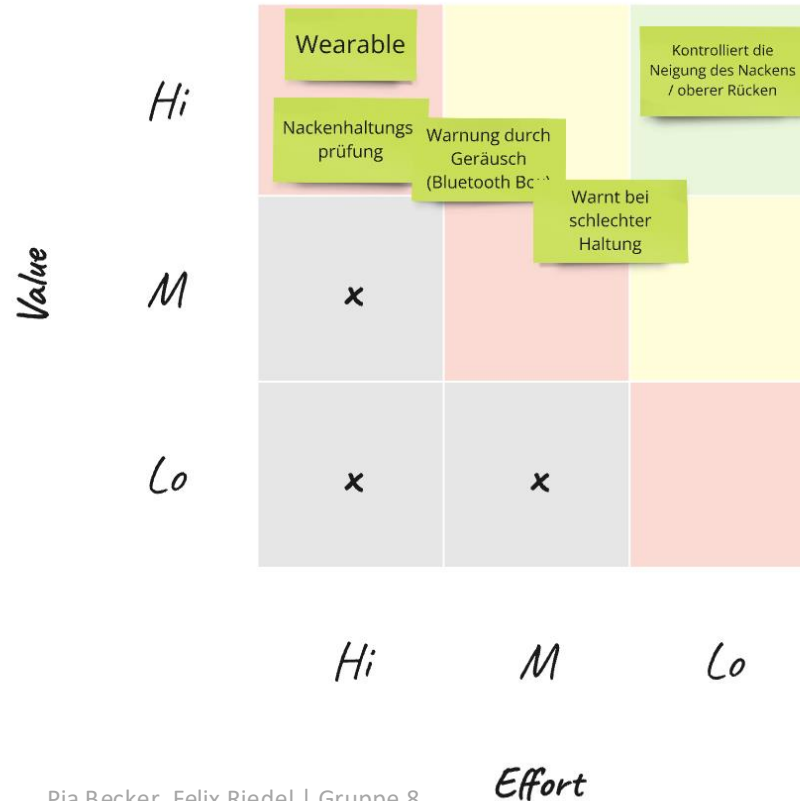


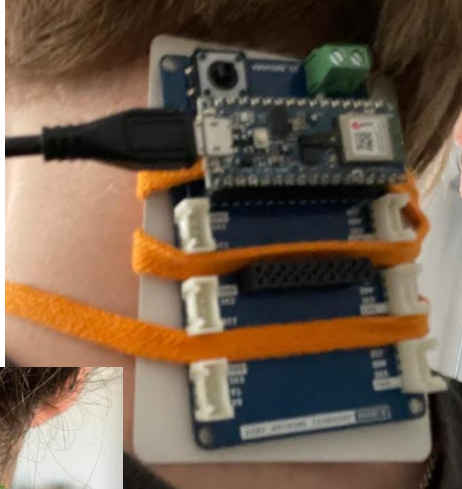
Fig.: 2

Rückblick – Product Goals



2. Hardware

Hardware



LSM9DS1 -
Accelerometer, Gyroscope,
Magnetometer

nRF52840-Chip
Bluetooth Low
Energy Modul

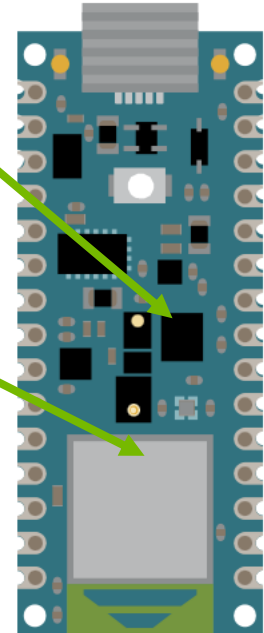


Fig.: 4

3. Daten

Bewertungskriterien

Accelerometer:

Messung von linearen
Bewegungen (X, Y, Z-
Achse)

Gyroscope:

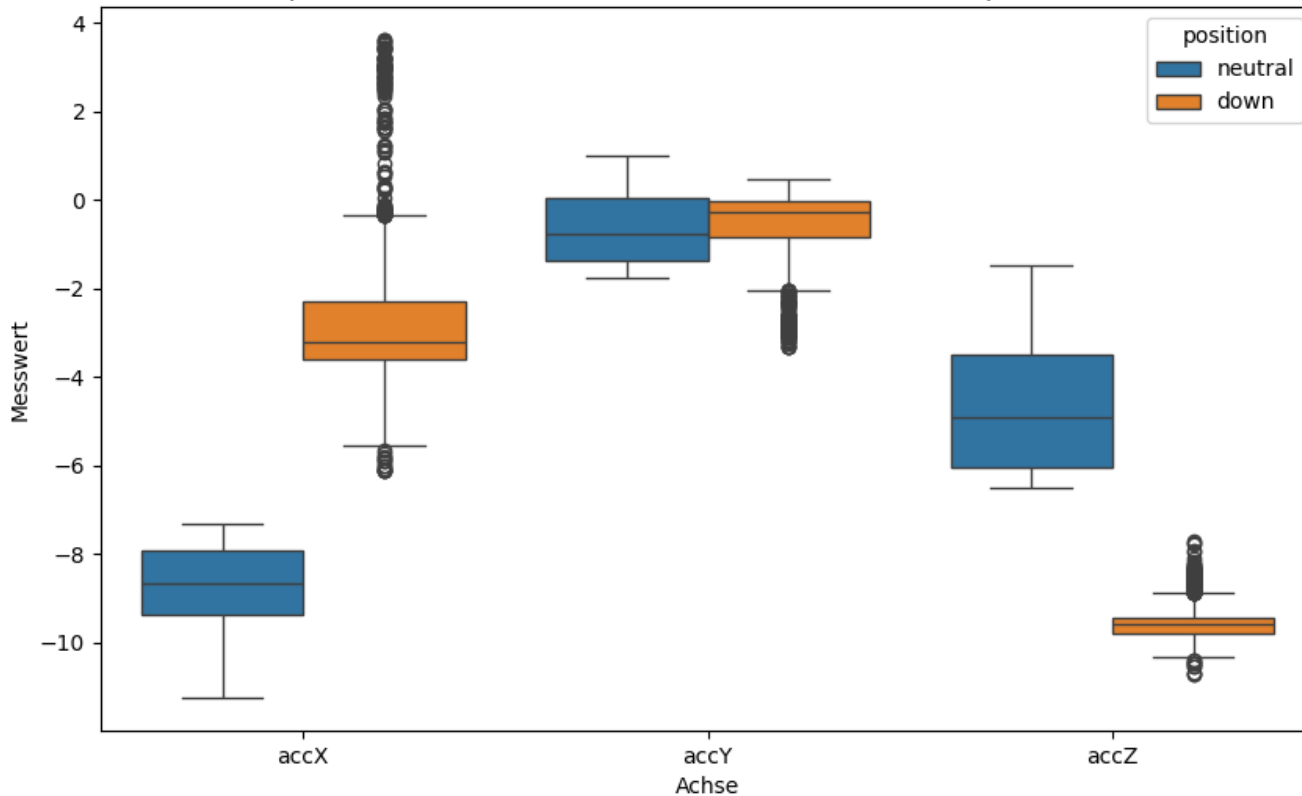
Messung der
Drehgeschwindigkeit

Magnetometer:

Misst das Magnetfeld

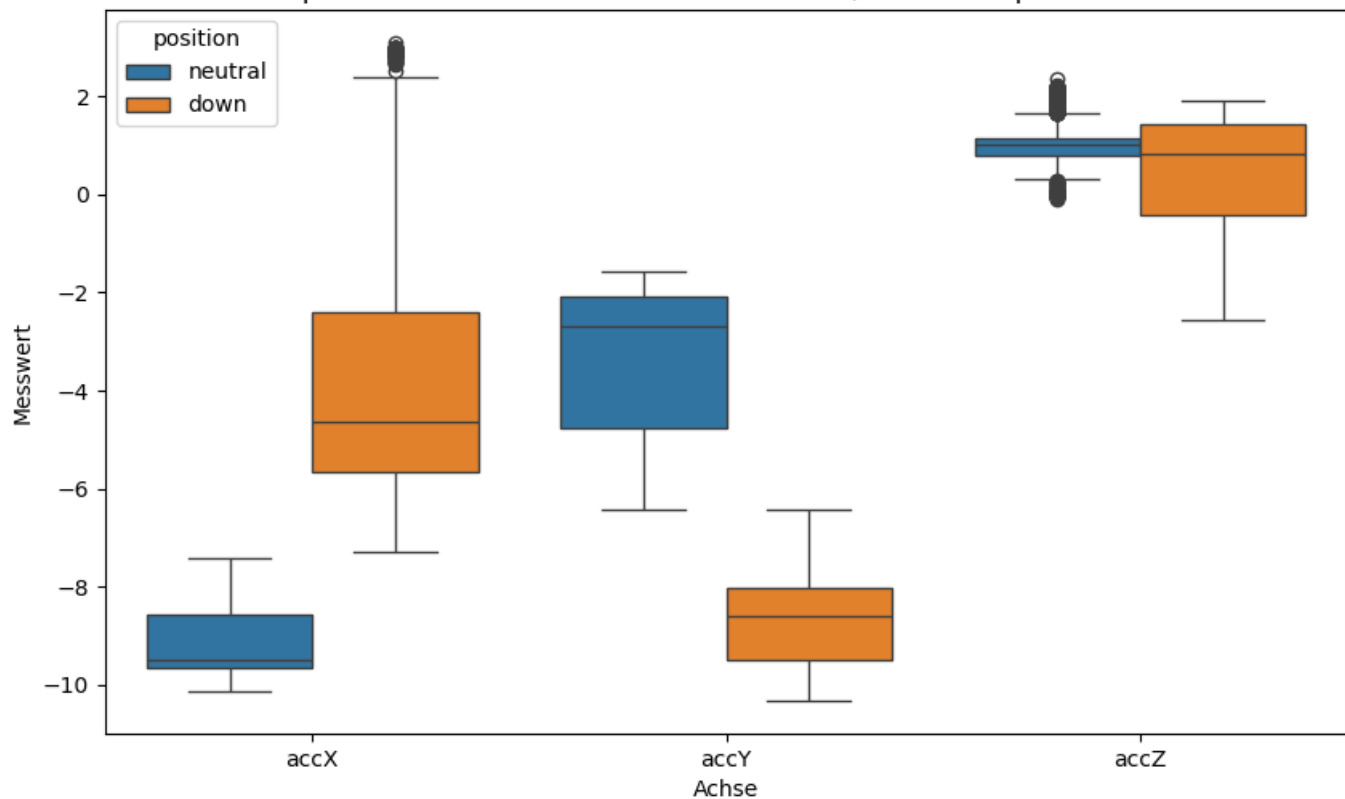
Accelerometer

Boxplot der Sensorachse Accelerometer in m/s² – Sensorposition 'Front'

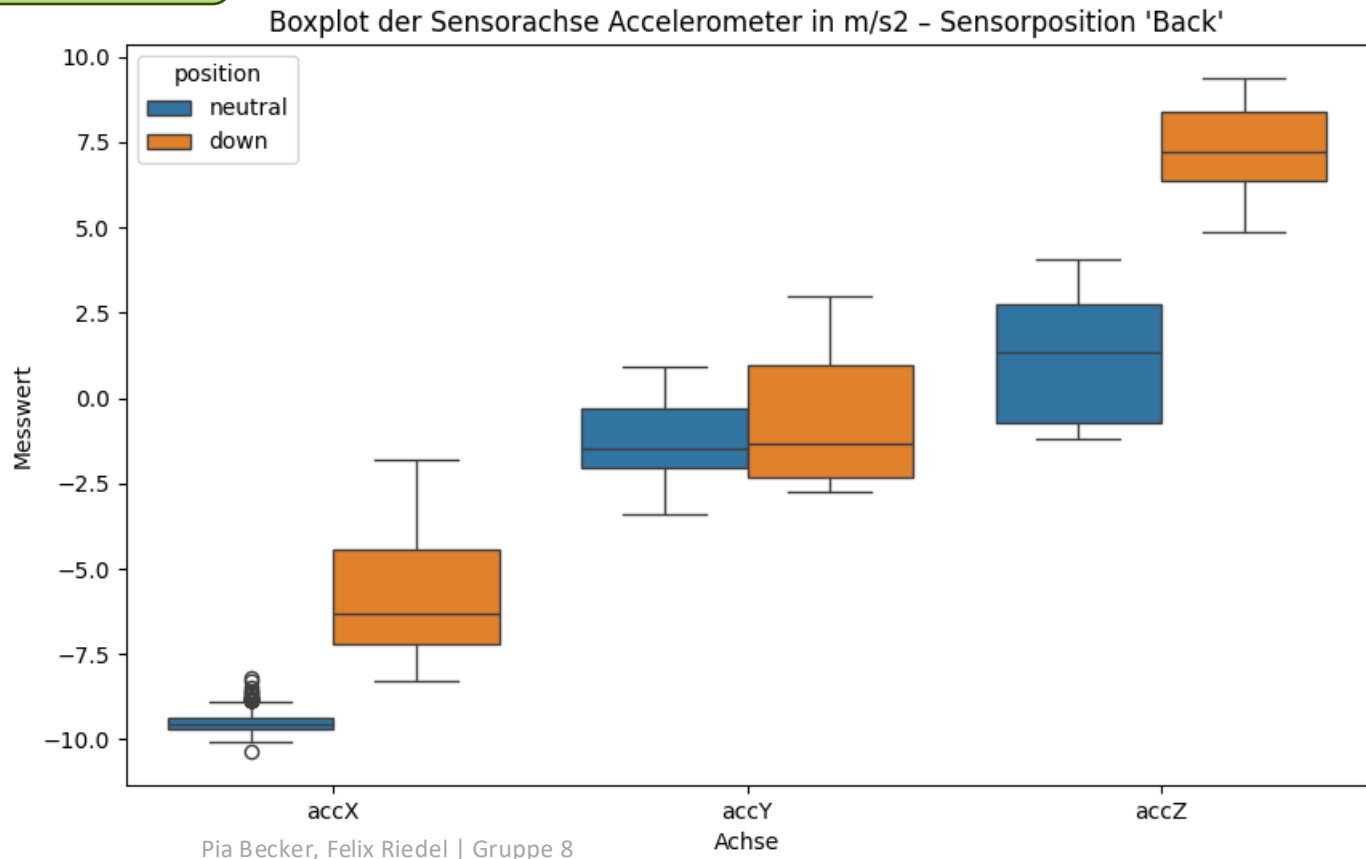


Accelerometer

Boxplot der Sensorachse Accelerometer in m/s² - Sensorposition 'Side'



Accelerometer



Bewertungskriterien

Accelerometer:

Messung von linearen
Bewegungen (X, Y, Z-
Achse)

Gyroscope:

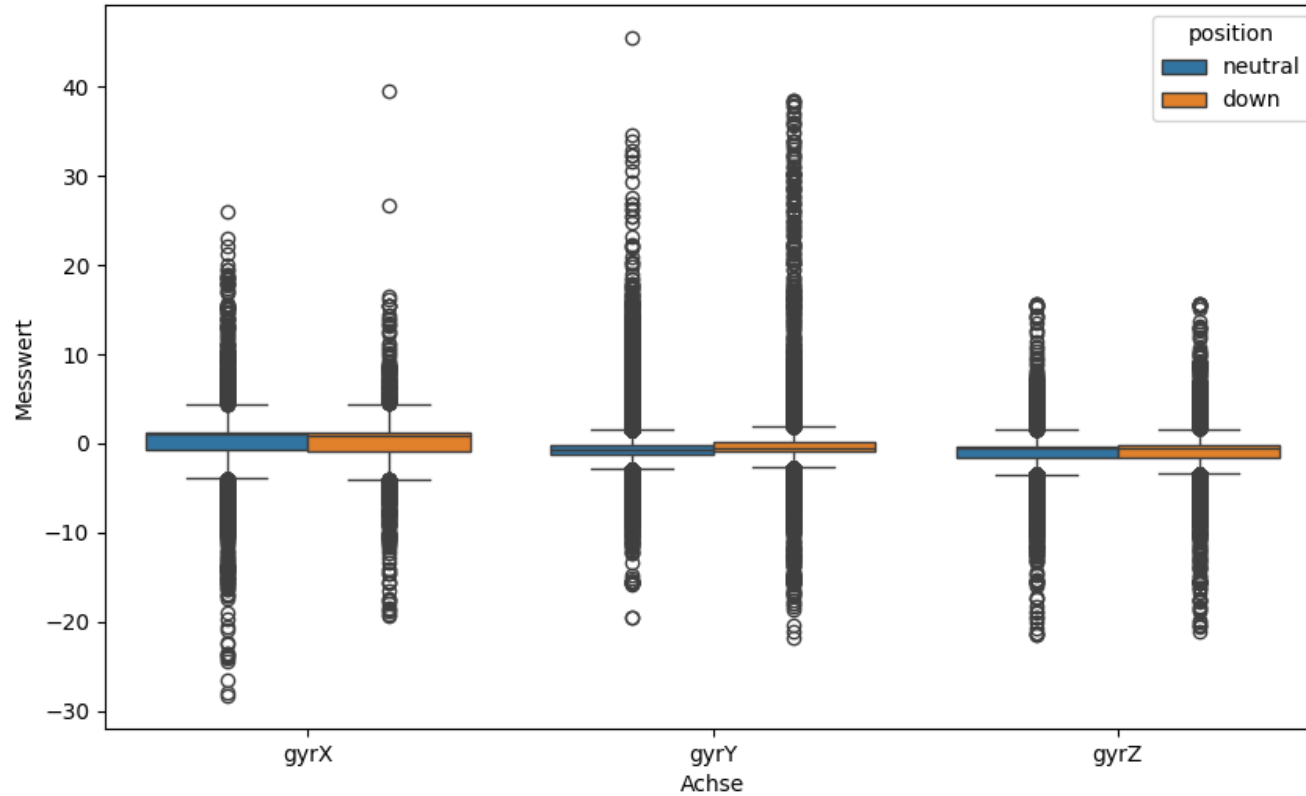
Messung der
Drehgeschwindigkeit

Magnetometer:

Misst das Magnetfeld

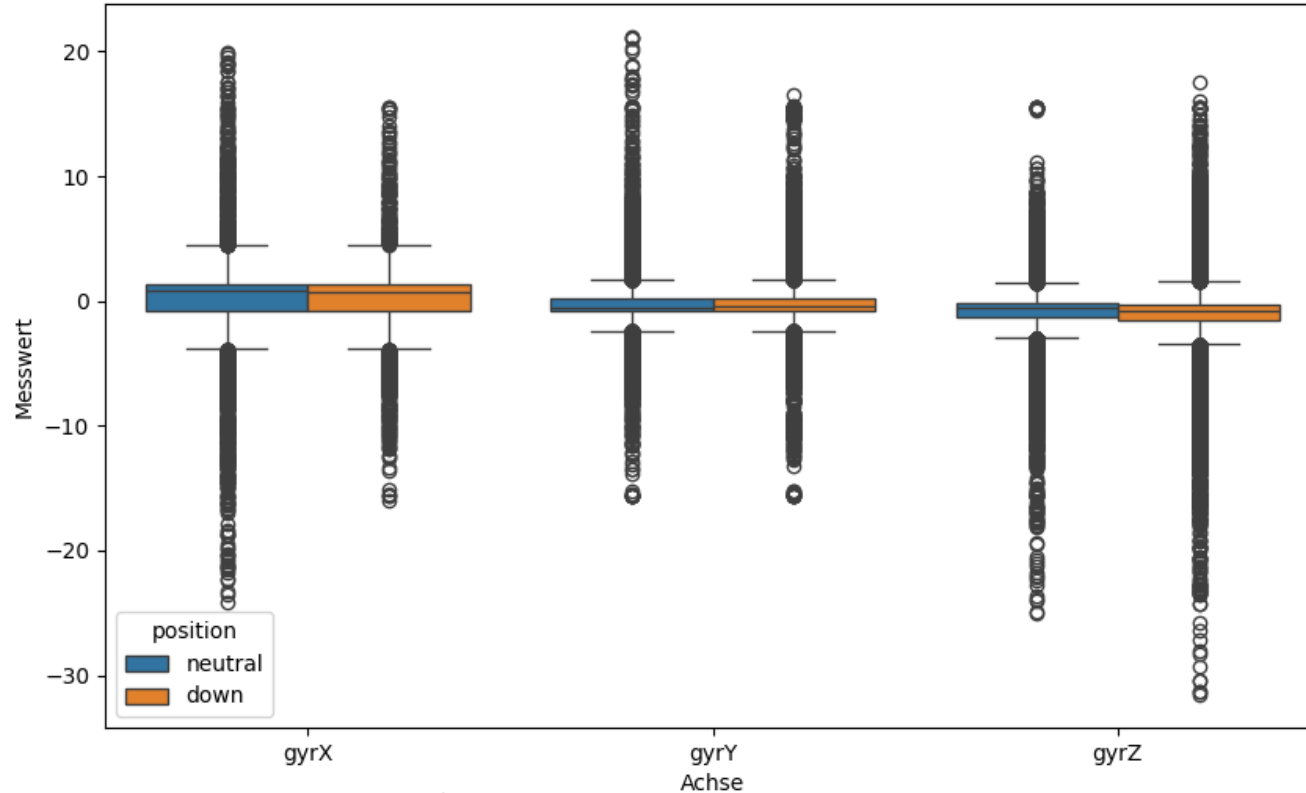
Gyroscope

Boxplot der Sensorachse Gyroscope in deg/s – Sensorposition 'Front'



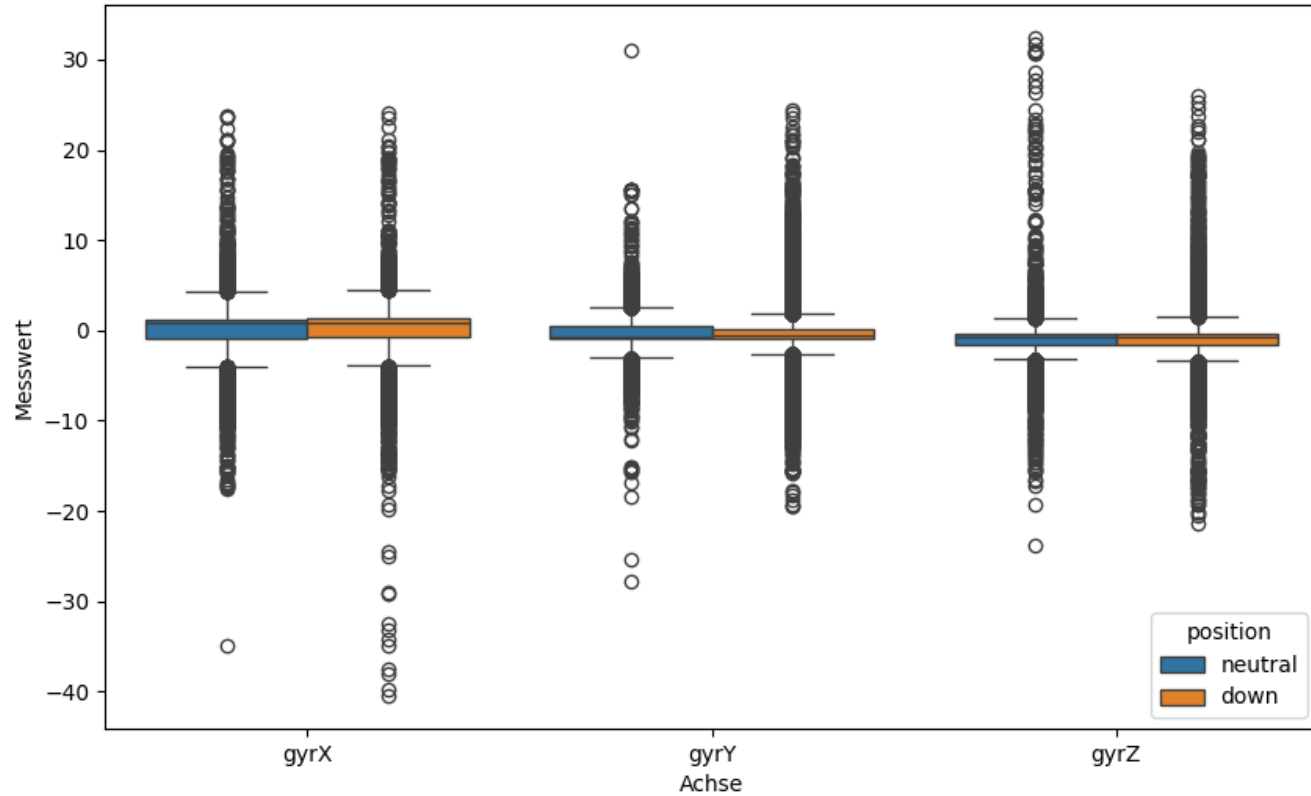
Gyroscope

Boxplot der Sensorachse Gyroscope in deg/s – Sensorposition 'Side'



Gyroscope

Boxplot der Sensorachse Gyroscope in deg/s - Sensorposition 'Back'



Bewertungskriterien

Accelerometer:

Messung von linearen
Bewegungen (X, Y, Z-
Achse)

Gyroscope:

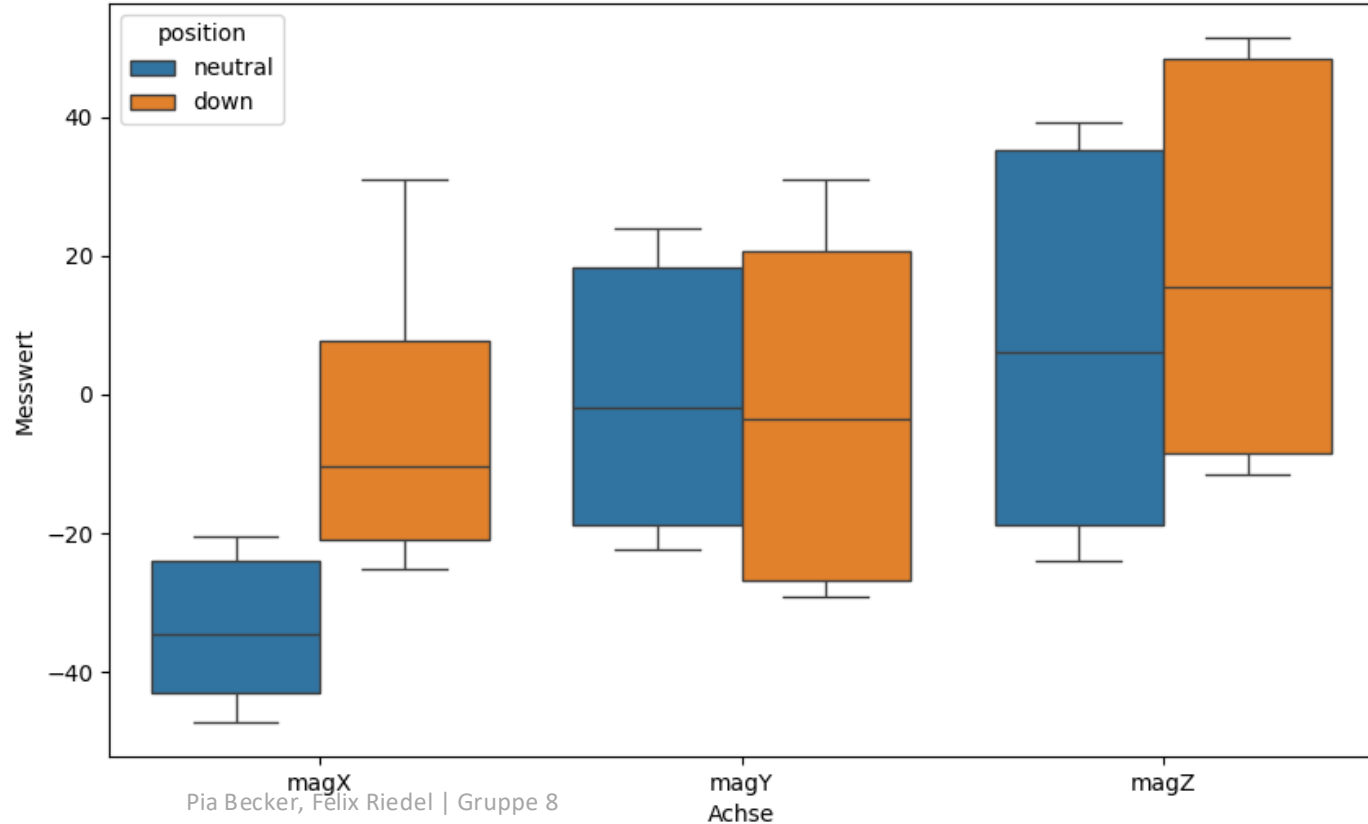
Messung der
Drehgeschwindigkeit

Magnetometer:

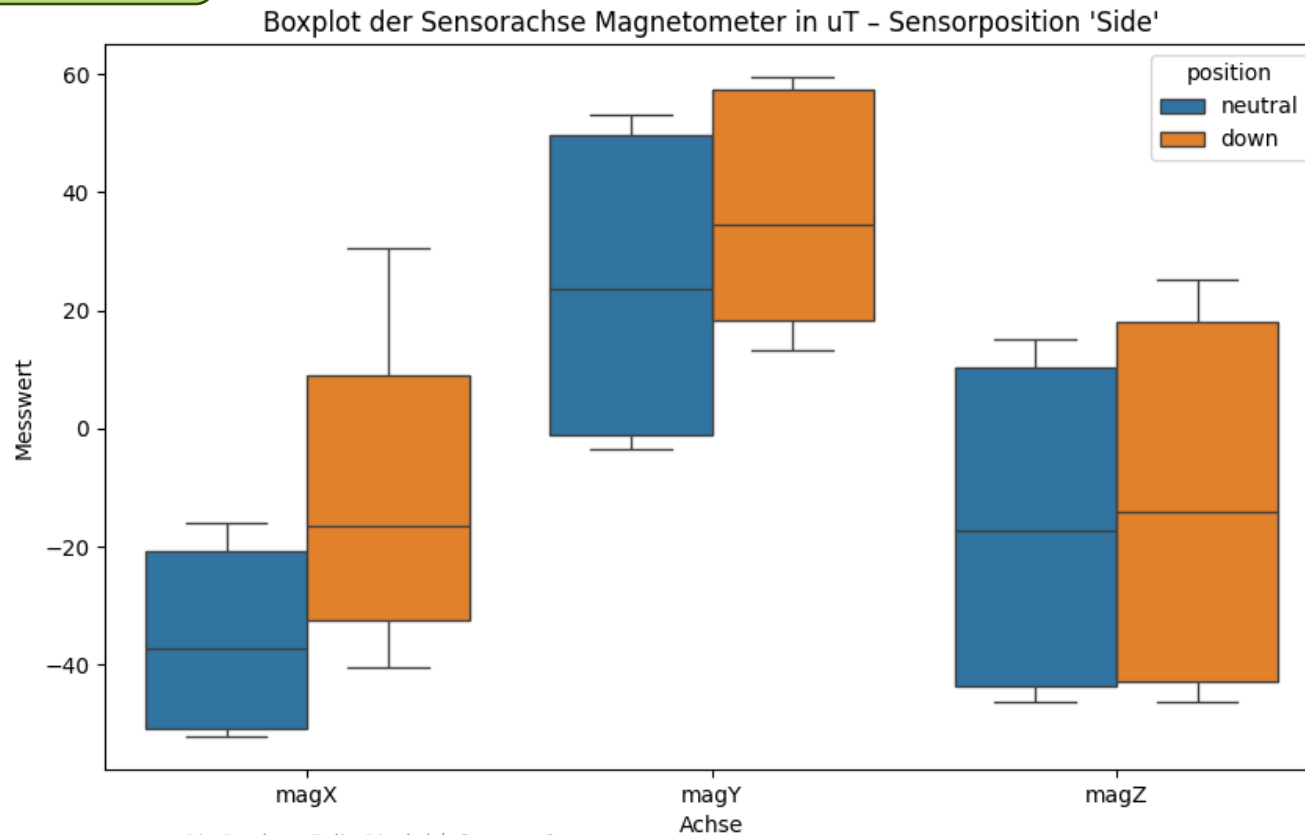
Misst das Magnetfeld

Magnetometer

Boxplot der Sensorachse Magnetometer in uT - Sensorposition 'Front'

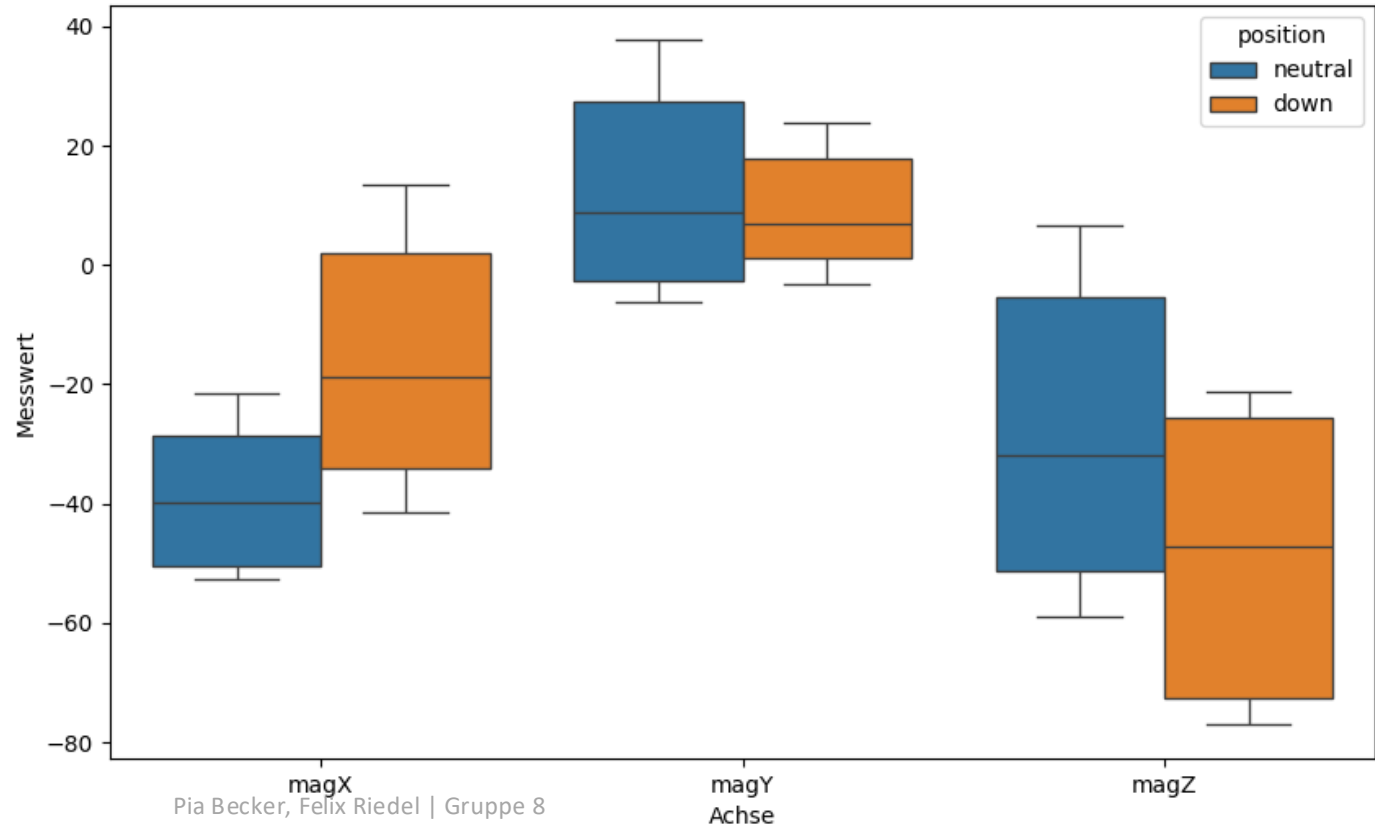


Magnetometer



Magnetometer

Boxplot der Sensorachse Magnetometer in uT - Sensorposition 'Back'



Bewertungskriterien

Accelerometer

Gyroscope

Magnetometer

Beste
Position

Back

Side

Back

Stärke

Genaue Erkennung

Plötzliche Bewegung

Absolute Kopfposition

Schwäche

Keine Rotation

Ausreißer

Große Schwankungen

4. Modelle

Erstes Modell

- 20 Datenfrequenzen á 30 Sekunden
- Jeweils 10 NNB und 10 NDB
- 80 / 20 Trains-Test-Split
- Modell: Neuronales Netz – Classifier
- Signal Verarbeitung: Spectral Features
- Fenstergröße 2,5 Sekunden

	NDB	NNB	UNCERTAIN
NDB	100%	0%	0%
NNB	43.3%	56.1%	0.6%
F1 SCORE	0.62	0.72	

Accuracy:

Anteil der Korrekten Vorhersagen insgesamt

67 %

Precision:

Tatsächlich korrekte Warnungen

86 %

Recall:

Erkennung von gekrümmter Haltung

68 %

Modellkonfiguration - Ausgeblendet

Fenstergröße: Kurze Fenster zeigen weniger Kontraste und lange Fenster sind gut für langsame Bewegungen (häufig zwischen 2,5 und 3 Sek.)

- Vergrößerung des Fensters auf 5 Sekunden hat keinen Einfluss

Signal Verarbeitung: Alternativ kann man Raw Data nutzen, hierbei ist allerdings die Performance schlechter. Andere Prozessblocks machen in dem Kontext keinen Sinn

Modelle: Classifier – perfekt geeignet; K-means – Unterscheidet alle Haltung von neutraler Haltung; Regression – Winkel statt Klassen; FOMO – nicht anwendbar

Spectral Features:

- **Scale Axis:** Skaliert die Werte; 1 keine Änderung bei anderen Werten
- **Input decimation ratio:** Anzahl der übersprungenen Daten; 1 keine Daten werden übersprungen
- **Type:** Welche Frequenzen behalten bleiben; low - langsame Bewegungen bleiben drin
- **Cut-off frequency:** Grenze, bis zu welcher Frequenz noch durchgelassen wird (unter 4 Hz bleibt) sonst gedämpft
- **Order:** Stärke des Filters; 6 Mittelmaß
- **Type:** FFT (spectral), da es sich um gleichmäßige Bewegungen handelt; Wavelet generiert schlechtere Ergebnisse - 93% Accuracy, da mehr Details, wie Zeit eine Rolle spielen, dadurch schlechtere Generalisierung
- **FFT length:** Anzahl der Punkte, die bei der Frequenzanalyse gleichzeitig betrachtet werden, kleine Fenster schnelle grobe Auflösung
- **Improve low frequency resolution:** wenn Frequenzen unter 1Hz erfasst werden sollen (liefert schlechtere Accuracy)

Neurolanes Netzwerk:

Input (36)Liefert Rohdaten (z. B. aus FFT)

Dense (20 Neuronen)Lernt erste Muster aus allen Features

Dense (10 Neuronen)Verfeinert diese Muster

Output (2 Klassen)Gibt Entscheidung: "gut" oder "schlecht" (z. B. Haltung)

Verbesserung des Modells

Neck Neutral wurde falsch klassifiziert → Neuer Split in Test- und Trainingsdaten, für bessere Ausgewogenheit

	NDB	NNB	UNCERTAIN
NDB	97.8%	0.9%	1.4%
NNB	0%	100%	0%
F1 SCORE	0.99	0.99	

Accuracy:

Anteil der Korrekten Vorhersagen insgesamt

98,7 %

Precision:

Tatsächlich korrekte Warnungen

99 %

Recall:

Erkennung von gekrümmter Haltung

99 %

Finales Modell

- 114 Datenfrequenzen á 30 Sekunden
- Jeweils 57 NNB und 57 NDB
- 80 / 20 Trains-Test-Split
- Modell: Neuronales Netz – Classifier
- Signal Verarbeitung: Spectral Features
- Fenstergröße 2,5 Sekunden

	NDB	NNB	UNCERTAIN
NDB	97.3%	2.1%	0.5%
NNB	0%	100%	0%
F1 SCORE	0.99	0.98	

Accuracy:

Anteil der Korrekten Vorhersagen insgesamt

98,2 %

Precision:

Tatsächlich korrekte Warnungen

99 %

Recall:

Erkennung von gekrümmter Haltung

98 %

5. Umsetzung

Ansätze

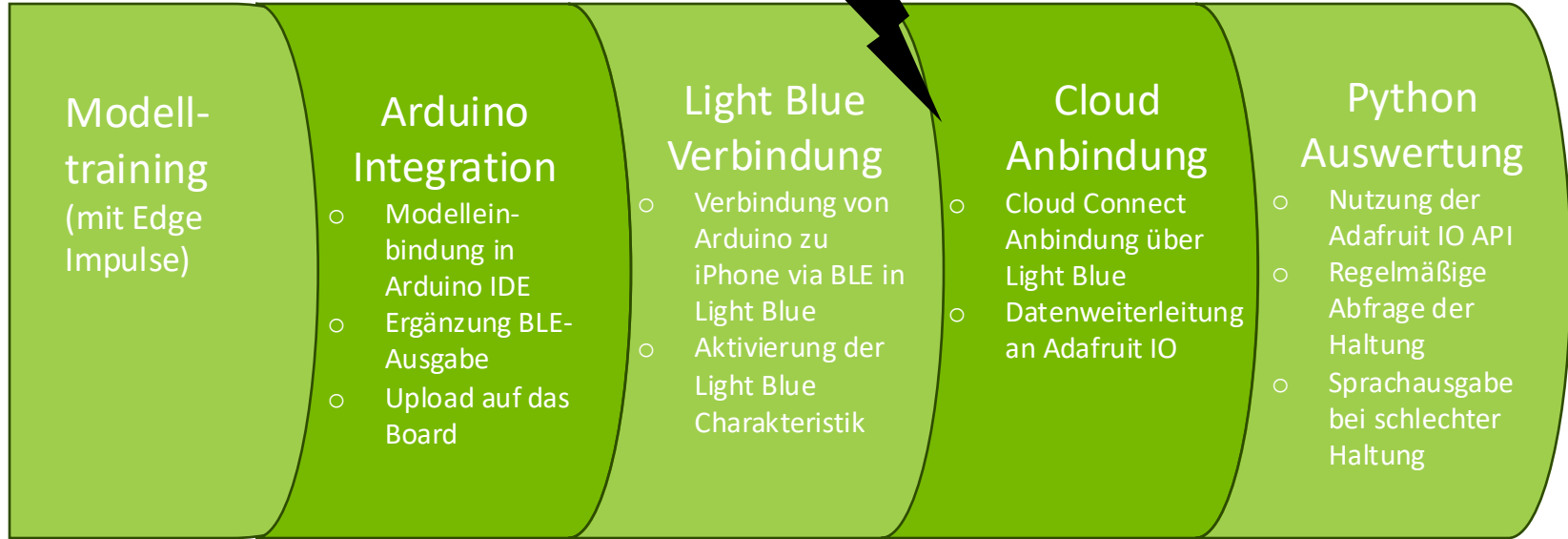
Ansatz 1:
Edge Impulse – Arduino
– BLE – Python

Ansatz 2:
Edge Impulse – Arduino
– BLE – WebApp

Ansatz 1



Ansatz 1



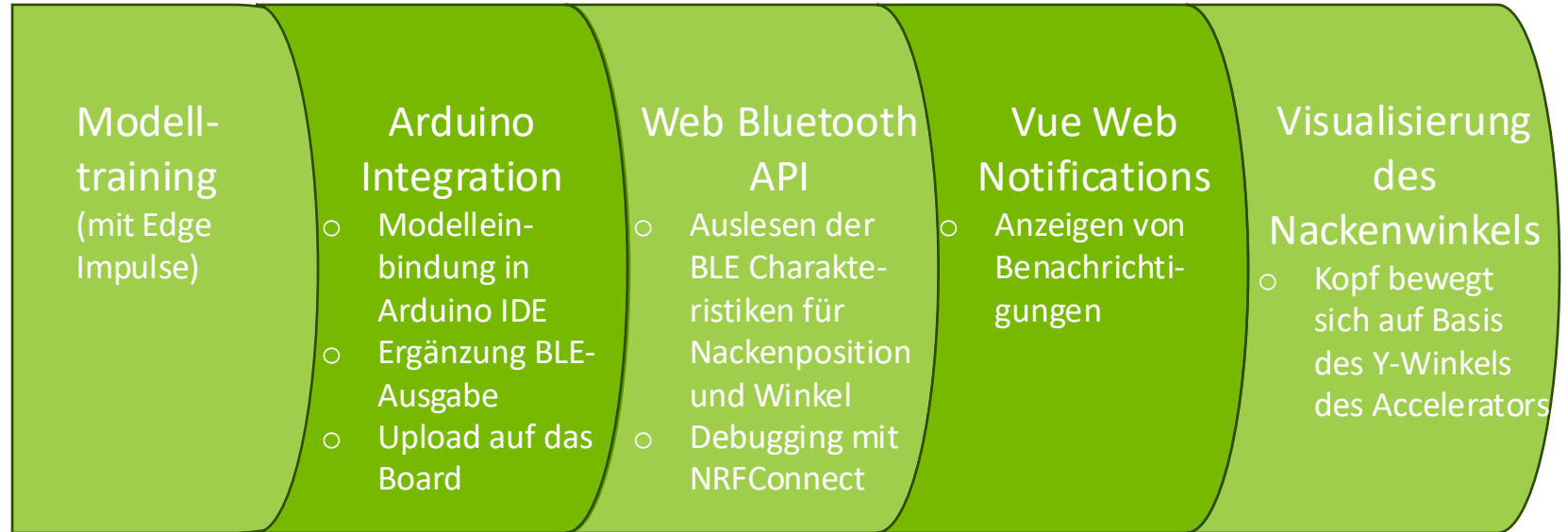
Anzeigen der Charakteristik und entsprechender Cloud Verbindung haben unzuverlässig funktioniert

Ansätze

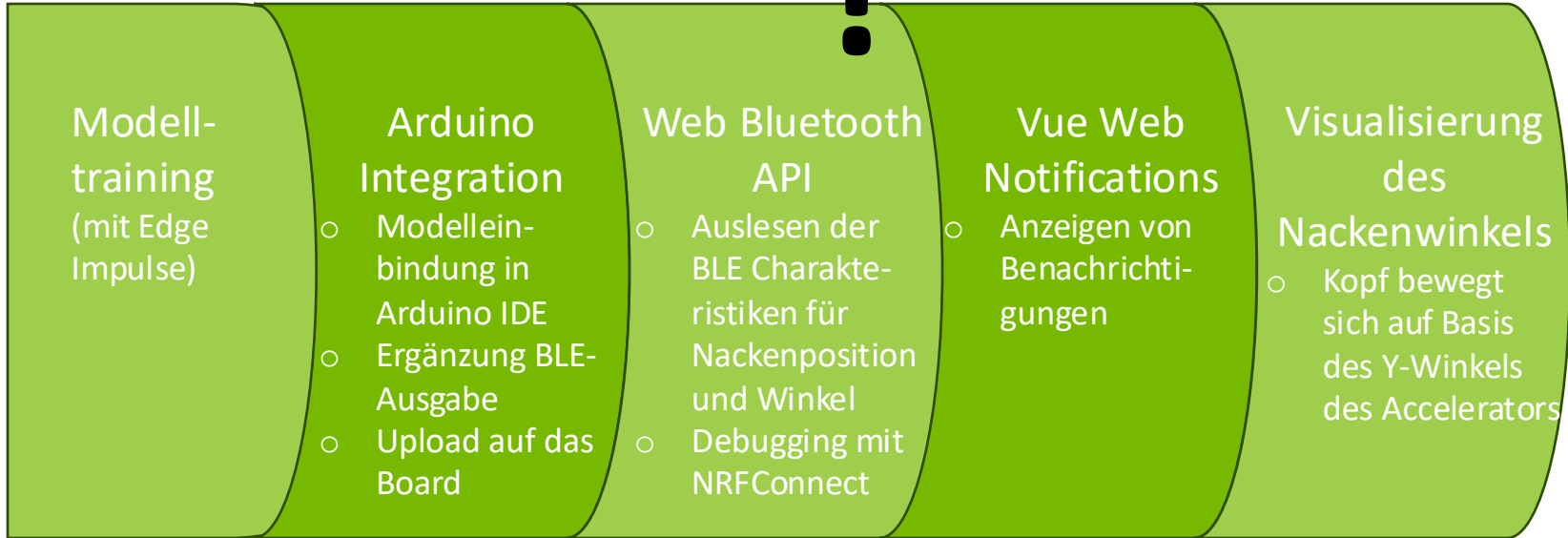
Ansatz 1:
Edge Impulse – Arduino
– BLE – Python

Ansatz 2:
Edge Impulse – Arduino
– BLE – WebApp

Ansatz 2



Ansatz 2



Web Bluetooth nur in Chromium Browsern verfügbar bzw. Bluefy auf IOS
Benachrichtigungen aktuell nur auf Android und Desktop möglich

Ansatz 2: TechStack



Fig.: 5



Fig.: 6



Fig.: 7



**EDGE
IMPULSE**

Fig.: 8



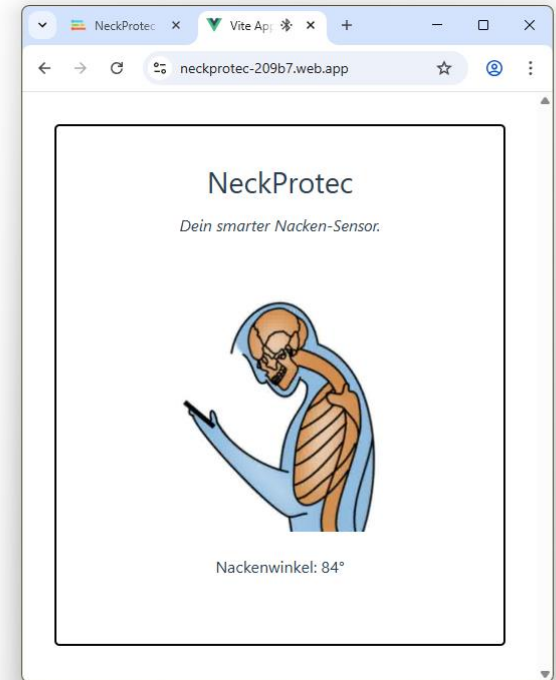
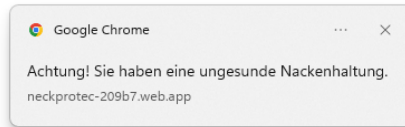
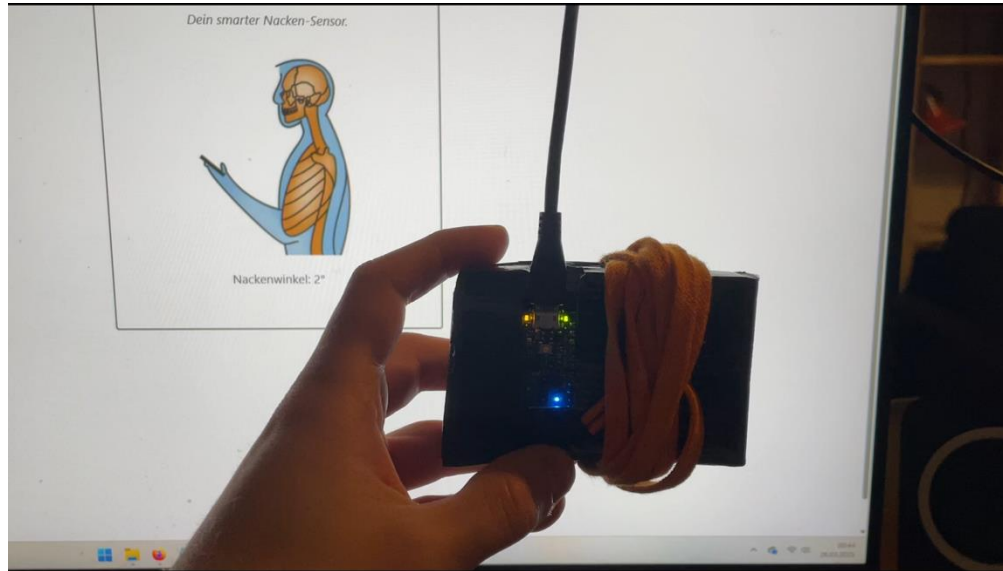
Fig.: 9



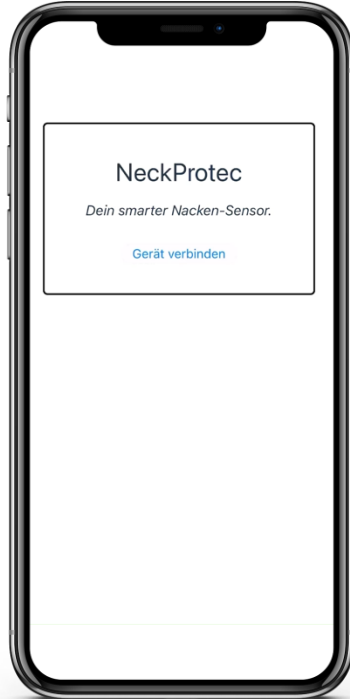
Fig.: 10

5. Resultat

Resultat – WebApp



Resultat – WebApp



Resultat – Ziel

Vorhersage	Reales Ergebnis	
	Nacken gerade	Nacken gekrümmt
	Nacken gerade	True Positiv: Korrekt erkannte gerade Haltung; keine Warnung
	Nacken gekrümmt	False Negativ: Gerade Haltung nicht erkannt; Warnung

Accuracy:

Anteil der Korrekten
Vorhersagen
insgesamt

80 – 95 %

Precision:

Tatsächlich korrekte
Warnungen

60 – 80 %

Recall:

Erkennung von
gekrümmter
Haltung

90 – 100 %

Resultat - Ergebnis

Vorhersage	Reales Ergebnis	
	Nacken gerade	Nacken gekrümmt
Nacken gerade	97,3 %	2,1 %
Nacken gekrümmt	0 %	100 %

Accuracy:

Anteil der Korrekten
Vorhersagen
insgesamt

98,22 %

Precision:

Tatsächlich korrekte
Warnungen

99 %

Recall:

Erkennung von
gekrümmter
Haltung

98 %

6. Ausblick





Ausblick: weitere Haltungen

Version 1

 ACCURACY
87.74%

Metrics for Classifier




METRIC	VALUE
Area under ROC Curve 	0.89
Weighted average Precision 	0.90
Weighted average Recall 	0.89
Weighted average F1 score 	0.88

Confusion matrix





	NB	ND	NL	NN	NR	UNCERTAIN
NB	50%	0%	0%	49.1%	0%	0.9%
ND	0%	86.4%	0%	0%	7.9%	5.7%
NL	0%	0%	97.3%	2.7%	0%	0%
NN	0%	0%	0%	100%	0%	0%
NR	4.5%	0%	0%	0%	94.6%	0.9%
F1 SCORE	0.65	0.93	0.99	0.89	0.88	

Version 2

 ACCURACY
81.81%

Metrics for Classifier

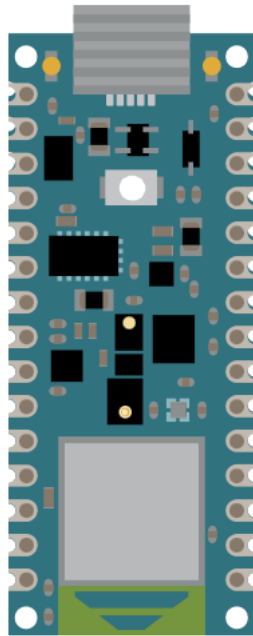


METRIC	VALUE
Area under ROC Curve 	0.92
Weighted average Precision 	0.85
Weighted average Recall 	0.82
Weighted average F1 score 	0.81

Confusion matrix

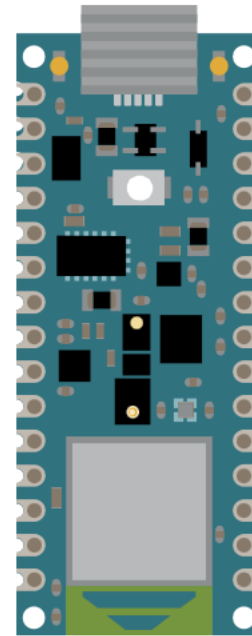
	NB	ND	NL	NN	NR	UNCERTAIN
NB	40.5%	17.3%	1.2%	31.5%	0%	9.5%
ND	0%	80%	0%	0%	20%	0%
NL	0%	0%	97.3%	2.7%	0%	0%
NN	0%	0%	0%	100%	0%	0%
NR	1.8%	0%	0%	0%	96.4%	1.8%
F1 SCORE	0.57	0.84	0.98	0.89	0.78	

Ausblick: Verwendung mehrere Arduinos



Position: Seite

Fig.: 4



Position: Hinten

Fig.: 4

Ausblick: Herausforderungen

Tonausgabe nur über Umwege

Extra Module

App

BLE-Charakteristiken

BLE-Anbindung

Unzuverlässigkeit des Bluetooth Moduls

Web-Entwicklung

Browserunterstützung

Nachvollziehbarkeit der EI-Bibliothek

Erweiterung des Modells mit eigener Logik

Verbindungsprobleme mit Arduino

Flashen / Code-Deployment teilweise unzuverlässig

Vielen Dank.

www.htw-berlin.de



**Hochschule für Technik
und Wirtschaft Berlin**

University of Applied Sciences

Textquellen

- *a Nano 33 BLE Sense.* (o. D.). Docs.Arduino. Abgerufen am 18. März 2025, von <https://docs.arduino.cc/tutorials/nano-33-ble-sense/imu-accelerometer/>
- *b Nano 33 BLE Sense.* (o. D.). Docs.Arduino. Abgerufen am 18. März 2025, von <https://docs.arduino.cc/tutorials/nano-33-ble-sense/ble-device-to-device/>
- Sawadski, B. (2025, 7. März). *Performance-Metriken des überwachten Lernens für Klassifikationsprobleme.* Synvert. <https://synvert.com/synvert-blog/performance-metriken-klassifikation-2-2/>
- Studio - Edge Impulse. (o. D.). <https://studio.edgeimpulse.com/>

Bildquellen

Fig. 1	Benevida. (2023, 5. August). The Best Ways to Fix Forward Head Posture (Nerd Neck). https://benevidawellness.com/ . https://benevidawellness.com/how-to-fix-forward-head-posture/
Fig. 2	Physiotherapy Treatment, Exercise Physio, Massage, and Pilates Care Our Clinic. (o. D.). Physio Labs. https://www.physiolabs.com.au/uploads/2/1/8/9/21894396/1311220-orig_orig.png
Fig. 3	Bild generiert mit Open AI ChatGPT, 19.03.2025
Fig. 4	Nano 33 BLE Sense. (o. D.). Docs.Arduino. Abgerufen am 18. März 2025, von https://docs.arduino.cc/hardware/nano-33-ble-sense/
Fig. 5	Arduino (o.D.) e7.pngegg. Abgerufen 26. März 2025, von https://e7.pngegg.com/pngimages/758/841/png-clipart-arduino-max-electronic-circuit-pure-data-oscilloscope-raspberry-pi-icons-logo-microcontroller.png
Fig. 6	Vue.js (o. D.) Wikipedia. Abgerufen 26. März 2025, von https://de.m.wikipedia.org/wiki/Datei:Vue.js_Logo_2.svg
Fig. 7	BlueFy (o. D.) Apple. Abgerufen 26. März 2025, von https://is1-ssl.mzstatic.com/image/thumb/Purple211/v4/3a/85/7c/3a857cfe-940c-e651-93bd-4a7889976582/AppIcon-0-0-1x_U007emarketing-0-10-0-0-sRGB-85-220.png/1200x630wa.png
Fig. 8	Branding. (o. D.). Abgerufen am 26. März 2025, von https://edgeimpulse.com/branding
Fig. 9	nRF Connect for Mobile. (o. D.). nordicsemi.com. https://www.nordicsemi.com/Products/Development-tools/nRF-Connect-for-mobile
Fig. 10	Firebase. (o. D.). Firebase. https://firebase.google.com/