

# Machine-Learning zur Schätzung der Handposition

## Ansatz basierend auf Unterarm-EMG und gemessener Handposition

Diplomand



Philipp Heim

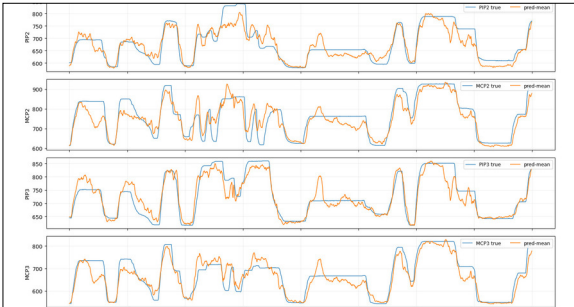
**Ziel der Arbeit:** Diese Arbeit untersucht die Machbarkeit, aus EMG-Signalen mehrere Freiheitsgrade der Finger unabhängig abzubilden. Dazu werden gleichzeitig EMG-Signale am Unterarm sowie mit einem eigens dafür entwickelten Handschuh die Winkel der Fingergelenke erfasst. Gemessen werden Grundgelenk und erstes Interphalangealgelenk von Zeige- und Mittelfinger. Durch die zusätzliche Information der Fingergelenke kann ein neuronales Netz verlässlicher auf die kontinuierliche Abbildung der vier Freiheitsgrade trainiert werden.

**Vorgehen:** Es werden vier EMG-Kanäle aufgezeichnet. Zwei verschiedene Varianten der Elektrodenplatzierung werden getestet: Variante 1 wählt Positionen nach visuell geschätztem Kontrast im Live-EMG, Variante 2 orientiert sich an den Beugern und Streckern der Finger im Unterarm. Aus den Roh-EMG-Signalen werden Merkmale erzeugt: Frequenzanalyse in acht Bändern mit Mittelwert, Varianz und Standardabweichung je Band. Das neuronale Netz besitzt zwei kausale Encoder-Zweige. Ein Zweig verarbeitet zunächst die extrahierten Features, der andere Zweig verarbeitet dann die vier Roh-EMG-Kanäle bei 1000 Hz. Beide Repräsentationen werden zusammengeführt und auf die Zielkanäle abgebildet. Das Training erfolgt phasenweise mit selektivem Einfrieren einzelner Teile, um zuerst eine stabile spektrale Basis zu lernen, danach hochfrequente Details hinzuzufügen und zuletzt die Fusion zu justieren.

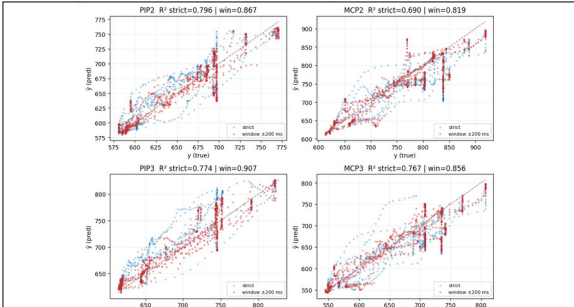
**Ergebnis:** Die Auswertung erfolgt über Zeitreihenvergleiche sowie Streudiagrammen. Eine zeitliche Toleranz von  $\pm 200$  ms sorgt dafür, dass die Amplitude auch dann korrekt geschätzt wird, wenn die Vorhersage leicht verzögert ist. Variante 1 der

Elektrodenplatzierung erweist sich als nicht geeignet. Variante 2 hingegen zeigt gute Übereinstimmung und stabile Korrelationen. Mit der Toleranz von  $\pm 200$  ms steigt das Bestimmtheitsmass auf  $R^2 = 0.856 \dots 0.907$ . Restfehler sind leichtes Überschreiten an steilen Flanken, Driften bei gehaltenen Winkeln und Übersprechen, wenn ein Gelenk ruht und ein anderes schnell bewegt wird.

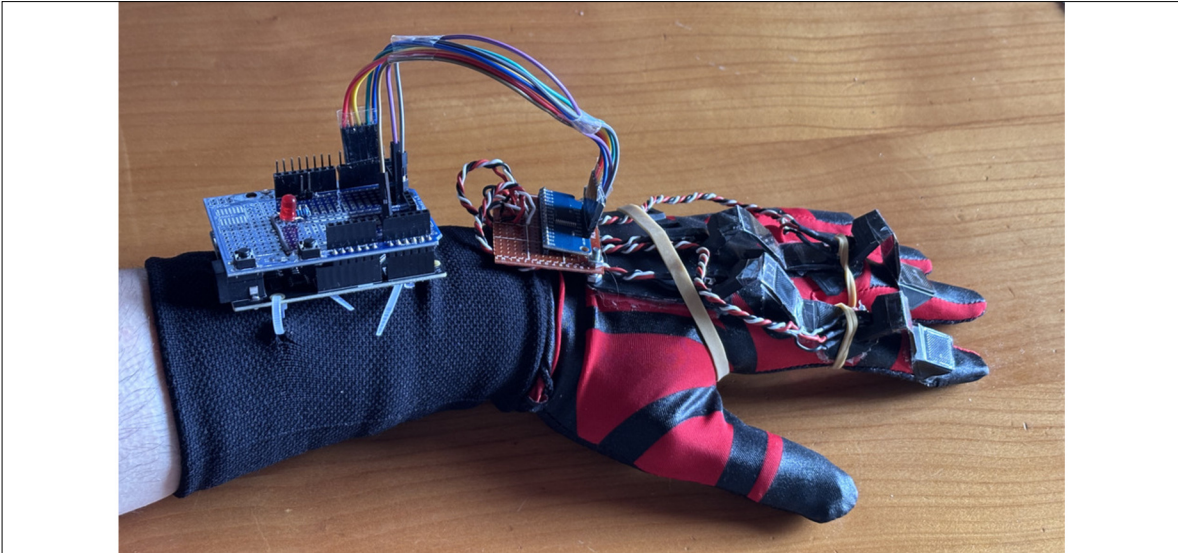
**Winkelvergleich von Gemessenen und vorausgesagten Werten über die Zeit**  
Eigene Darstellung



**Streudiagramm der vorausgesagten Winkel gegenüber den gemessenen**  
Eigene Darstellung



**Messhandschuh für Erfassung der Finger**  
Eigene Darstellung



Referent  
Prof. Dr. Adrian Weitnauer

Korreferent  
Prof. Dr. Christoph Würsch

Themengebiet  
Ingenieurinformatik