

NEURO-APT

Neuro-AI Prosthetic Technology

Programm / Ausschreibung	DST 24/26, Menschen in FT2025, Digitale Technologien 2025	Status	laufend
Projektstart	01.10.2026	Projektende	30.09.2027
Zeitraum	2026 - 2027	Projektlaufzeit	12 Monate
Barwert der Projektförderung	€ 139.930		
Keywords	Prosthetics; signal classification; active learning; intend classification		

Projektbeschreibung

Aktuelle Fortschritte im Bereich der multi-elektrodenbasierten Oberflächen-Elektromyographie (sEMG) eröffnen neue Möglichkeiten für die nächste Generation intelligenter Prothesensysteme für obere und untere Extremitäten. Hochdichte und mehrkanalige sEMG-Sensoren erfassen deutlich reichhaltigere neuromuskuläre Informationen als konventionelle Systeme. Dadurch wird die potenzielle Steuerung aktiv angetriebener Knieprothesen sowie mehrfreiheitsgradiger Handprothesen mit deutlich verbesserter Geschicklichkeit und Mobilität ermöglicht. Eine zuverlässige Interpretation dieser neuronalen Signale könnte natürlichere Bewegungsmuster wiederherstellen, die Stabilität beim Gehen verbessern und intuitive Greifstrategien ermöglichen. Dies würde die Selbstständigkeit und Lebensqualität von Amputierten erheblich steigern.

Die Interpretation multi-elektrodenbasierter sEMG-Signale stellt jedoch weiterhin eine große Herausforderung dar. Die Signale sind verrauscht, nicht-stationär und stark von individuellen physiologischen Faktoren, der Elektrodenpositionierung sowie der verbleibenden Muskulatur abhängig. Obwohl neuronale Netze in der aktuellen Forschung vielversprechende Ergebnisse zeigen, erfordern bestehende Ansätze meist umfangreiche, personenspezifische Trainingsdaten. Dies führt zu langen Kalibrierungsprozessen bei der Anpassung der Prothese sowie zu wiederholten Nachtrainings im Alltag, was die klinische Skalierbarkeit und Nutzerakzeptanz einschränkt.

Ziel dieses explorativen Forschungsprojekts ist die Untersuchung neuartiger KI-Methoden zur Interpretation neuronaler Signale für Prothesensteuerungen. Kernidee ist die Entwicklung eines robusten Backbone-Neuronalen Netzes, das auf Daten mehrerer Nutzer trainiert wird und dadurch allgemeine, nutzerübergreifende Repräsentationen motorischer Intention erlernt. Dieses Modell kann anschließend mit nur wenigen individuellen Trainingsdaten schnell auf neue Nutzer angepasst werden und damit den Kalibrierungsaufwand deutlich reduzieren.

Darüber hinaus wird die Integration zusätzlicher Sensormodalitäten untersucht. Durch die Kombination von sEMG-Signalen mit Kontextinformationen aus Inertialsensoren (IMUs), beispielsweise zur Erfassung von Arm- oder Beinpositionen, soll eine robuste multimodale Lernmethodik entwickelt werden. Diese Sensorfusion kann die Zuverlässigkeit der

Bewegungserkennung verbessern und eine stabilere Interpretation von Kniebewegungen und Greifmustern im realen Einsatz ermöglichen.

Zusätzlich werden adaptive und aktive Lernstrategien untersucht, um eine kontinuierliche Verbesserung der Prothesensteuerung über die gesamte Nutzungsdauer zu ermöglichen. Mithilfe von Unsicherheitsmetriken und neuen Leistungskennzahlen (KPIs) kann das System suboptimale Trainingszustände erkennen und gezielte Nachkalibrierungen vorschlagen.

Insgesamt untersucht das Projekt die Machbarkeit datengetriebener neuronaler Signalverarbeitung, die über individuell trainierte Systeme hinausgeht und hin zu adaptiven, nutzerübergreifend lernenden Prothesensteuerungen führt. Die Ergebnisse bilden die Grundlage für zukünftige groß angelegte Forschungs- und Entwicklungsinitiativen im Bereich intelligenter Prothesen.

Abstract

Recent advances in multi-electrode surface electromyography (sEMG) open new opportunities for next-generation intelligent prosthetic systems for both upper and lower limbs. High-density and multi-channel sEMG sensors capture richer neuromuscular information than conventional setups, enabling the potential control of actively actuated prosthetic knees and multi-degree-of-freedom prosthetic hands with significantly improved dexterity and mobility. Reliable interpretation of these neural signals could restore more natural movement patterns, improve stability during locomotion, and enable intuitive grasp strategies, thereby substantially increasing independence and quality of life for amputees.

However, interpreting multi-electrode sEMG signals remains highly challenging. The signals are noisy, non-stationary, and strongly dependent on individual physiology, electrode placement, and residual musculature. While neural network-based classification has demonstrated promising results in recent research, current approaches typically require extensive person-specific training data. This leads to long calibration procedures during prosthesis fitting and repeated retraining during everyday use, limiting clinical scalability and user acceptance.

This exploratory research project aims to investigate novel AI methodologies for neural signal interpretation in prosthetics. The core concept is to develop a robust backbone neural network trained on multi-subject datasets capturing diverse neuromuscular patterns. Such a model would learn invariant representations of motor intent and could be rapidly fine-tuned to individual users with only limited calibration data, significantly reducing training time.

In addition, the project will explore multi-modal sensor fusion by integrating complementary sensors such as inertial measurement units (IMUs) to provide contextual information on limb position and movement. This approach is expected to improve robustness and enable more reliable recognition of knee motion and grasp patterns in real-world scenarios.

Finally, adaptive and active learning strategies will be investigated to support continuous improvement during the lifetime of the prosthesis. By introducing uncertainty-driven retraining mechanisms and performance indicators, the system could detect suboptimal training and guide targeted recalibration.

Overall, the project will assess the feasibility of data-driven neural processing approaches that move beyond individually

trained systems toward adaptive, cohort-informed prosthetic intelligence, providing the foundation for future large-scale R&D initiatives.

Projektkoordinator

- AIT Austrian Institute of Technology GmbH

Projektpartner

- Otto Bock Healthcare Products GmbH