

# Geregelte Elektrostimulation der Arm- und Schultermuskulatur bei passiver Gewichtsentlastung

Christian Klauer, Thomas Schauer, Jörg Raisch  
TU Berlin, Fachgebiet Regelungssysteme  
klauer@control.tu-berlin.de

## Zusammenfassung

Für die Realisierung von Greifbewegungen bei Patienten mit muskulären Lähmungen soll im Rahmen des EU Projektes MUNDUS eine Neuro-Prothese entwickelt werden, welche mit einem portablen, passiven Exoskelett zur teilweisen Gewichtsentlastung des Armes kombiniert werden soll. Dieser Beitrag untersucht erste Strategien zur Regelung der Elektrostimulation von Arm- und Schultermuskulatur.

## 1 Motivation

Multiple Sklerose, Friedreich-Ataxie und Amyotrophe Lateralsklerose – all dies sind Erkrankungen des Nervensystems, welche motorische Einschränkungen bzw. Lähmungen hervorrufen können. Sie können auch die oberen Extremitäten betreffen, sodass die Patienten dort willentlich keine oder nur sehr schwache Muskelkontraktionen erzeugen können. Ähnliches gilt auch für Querschnittslähmungen mit hoher Läsionshöhe.

Für Patienten mit noch vorhandener Restaktivität existieren mechanisch realisierte Lösungen (Exoskelette), die die auf den Arm wirkende Schwerkraft kompensieren, sodass die Betroffenen weniger Kraft aufbringen müssen.

Für komplett gelähmte Personen ist dies allerdings etwas schwieriger. Dieser Fall wird in diesem Artikel aufgegriffen: Es sollen die Voraussetzungen zur Entwicklung einer Neuro-Prothese geschaffen werden. Ziel ist, die oberen menschlichen Extremitäten durch künstliche, elektrische, Aktivierung der gelähmten Muskulatur bei Vorhandensein einer passiven Gewichtskompensation zu bewegen.

## 2 Methoden

Für die Entwicklung und Validierung der Regelungsansätze wurde zunächst eine passive Gewichtsentlastung mittels des Systems ArmeoSpring der Firma Hocoma, einem Partner im EU-Projekt MUNDUS, realisiert. Das Gerät liefert über eine USB-Schnittstelle bereits die für die Regelung notwendigen Gelenkwinkel mit einer Frequenz von 60 Hz. Um eine

hochdynamische Regelung der Bewegungen zu erzielen, wurde das System zusätzlich um vollständige Inertialsensoren erweitert. Mittels der durch Sensorfusion ermittelten Gelenkwinkelgeschwindigkeiten und -beschleunigungen konnte für die Regelung der antagonistischen Muskeln am Ellenbogengelenk eine Kaskadenregelung mit Stoßgrößenbeobachter realisiert werden [1]. Separiert von dieser Regelung wurde eine weitere Regelung für die dreikanalige Stimulation der Schultermuskulatur entwickelt, um Schulterabduktion und -rotation gezielt beeinflussen zu können. Für den Reglerentwurf wurden vereinfachte biomechanische Modelle mit Hill'schen-Muskellmodellen angenommen und experimentell identifiziert. Das Teilmodell für die Schulter stellt dabei ein Mehrgrößensystem mit drei Eingängen (Stimulationsintensitäten) und zwei Ausgängen (Winkeln) dar, welches durch die lineare Regelung teilweise entkoppelt wird.

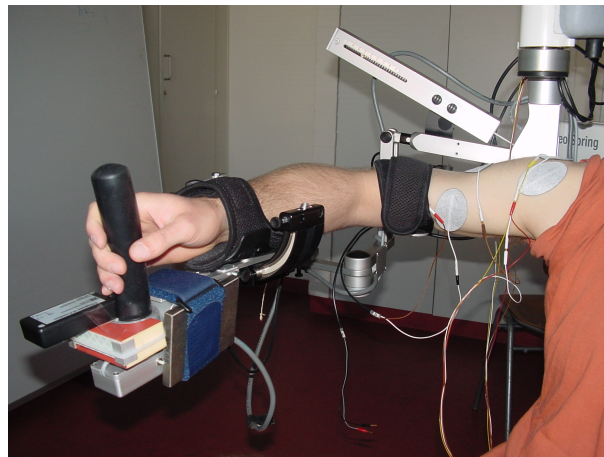


Abbildung 1: Geregelte funktionelle Elektrostimulation der Arm- und Schultermuskulatur in Kombination mit einer passiven Gewichtsentslastung.

### 3 Ergebnisse und Zusammenfassung

Die entwickelten Regelstrategien wurden experimentell mit gesunden Probanden erfolgreich erprobt. Die Identifikation der Modellparameter und die Einstellung der Regler müssen zu Beginn jeder experimentellen Untersuchung durchgeführt werden, da u.a. die Elektrodenpositionen nicht exakt reproduzierbar sind. Aufgrund der vereinfachten Modelle lässt sich dieser „Tuning“-Schritt jedoch innerhalb von 10 Minuten bewerkstelligen. Untersuchungen mit Patienten sind in Vorbereitung.

**Danksagung:** Die Autoren bedanken sich für die Unterstützung der Forschungstätigkeiten im Projekt MUNDUS durch die Europäische Kommission im 7. Rahmenprogramm, Vertragsnummer 248326.

### Literatur

- [1] C. Klauer, T. Schauer, J. Raisch: *Gelenkwinkelregelung durch Elektrostimulation eines antagonistischen Muskelpaares*, eingereicht bei at – Automatisierungstechnik, 2011.