

**Referent/in**

Rupp, Rüdiger (Heidelberg DE) | Dr.-Ing.

Universitätsklinikum Heidelberg - Klinik für Paraplegiologie / Experimentelle Neurorehabilitation

**Titel**

Denken, um zu (be)greifen - Möglichkeiten und Grenzen von Brain-Computer-Interface gesteuerten Greifneuroprothesen

**Coauthors**

Schneiders M, Hessing B, Eck U, Pereira J, Ofner P, Schwarz A, Müller-Putz GR

**Zusammenfassung**

Mit Neuroprothesen auf Basis der Funktionellen Elektrostimulation kann bei Hoch-Querschnittgelähmten unter bestimmten Voraussetzungen eine brauchbare Arm-/Greiffunktion wieder hergestellt werden. Brain-Computer Interfaces stellen eine vielversprechende, intuitiv bedienbare Benutzerschnittstelle dar.

**Einführung**

Die Verbesserung einer eingeschränkten Arm-/Handfunktion z.B. in Folge einer zervikalen Rückenmarksverletzung stellt den Fokus der Rehabilitation der Betroffenen dar. Der Bedarf für Lebensqualität und Partizipation ist offenkundig. Bei vollständigem Ausfall und fehlenden Möglichkeiten zu Transfers von noch aktiven Muskeln stellen Greifneuroprothesen (NP) auf der Basis der Funktionellen Elektrostimulation (FES) die einzige Therapieoption zur Wiederherstellung zumindest eines Schlüssel- und Zylindergriffs dar [1]. Hierfür kommen sowohl implantierbare als auch nichtinvasive Systeme auf Basis von oberflächlichen Elektroden zum Einsatz. Während implantierbare NPs teure OP(s) benötigen, gibt es bei nichtinvasiven NPs Probleme hinsichtlich korrekter Elektrodenplatzierung und Kraftverlust speziell des Daumes bei durch die Handgelenksrotation induzierten Elektrodenverschiebungen. Generell besteht bei den Nutzerschnittstellen ein großer Handlungsbedarf hinsichtlich intuitiver Bedienung.

**Methodik**

In einem initialen FES-Screening muss geprüft werden, ob genügend innervierte Muskeln aktivierbar sind. Im EU-Projekt MoreGrasp ([www.moregrasp.eu](http://www.moregrasp.eu)) wird eine über ein Brain-Computer Interface (BCI) intuitive, nichtinvasive Greif-NP entwickelt. Auf Basis einer etablierten

NP [2] wurde ein flexibles Elektrodenarray hergestellt, das aus 15 (5 x 3, HxW, 6,3 x 3,8 cm) Silikoneinzelelektroden (# 7mm, Abstand 2,5 cm) besteht und in einen personalisierten textilen Unterarmärmel integriert wird. Die Stimulation wird an die über Inertialsensoren gemessene Handgelenksrotation angepasst.

In zwei hochauflösenden Elektroenzephalogramm(EEG)-Studien mit jeweils 15 Nichtbehinderten wurde die Klassifikationsgenauigkeit der Dekodierung von 6 versch. Gelenkbewegungen des gleichen Armes und 3 untersch. Griffen bestimmt. Analysiert wurden Motor-related Cortical Potentials (MRCPs) von 0,3 bis 3 Hz [3]. 2 Untergruppen dieser Bewegungen wurden an 5 Hoch-Querschnittgelähmten getestet (Neurol. Level: C3 - C5).

### **Ergebnisse**

Bei nur etwa der Hälfte aller Hoch-Querschnittgelähmten mit erhaltener Schulter-/ Ellenbogenfunktion sind noch genügend Handmuskeln innerviert und können für eine Funktionswiederherstellung mittels NP verwendet werden. Die Resultate der Tests mit den Multipadelektroden an 3 Nichtbehinderten und 1 Hochgelähmten zeigen, das nicht nur ein schnelles, zielgerichtetes Screening hinsichtlich robuster Elektrodenpositionen für den Schlüssel- und Zylindergriff, sondern auch eine von der Handgelenksrotation unabhängige Einstellung der Greifkraft bei beiden Griffen erreicht werden kann.

Die Ergebnisse der 1. BCI-Studie zeigen, dass eine Offline-Genauigkeit der Klassifikation der Einzelbewegungen aus dem EEG von 37% (Zufallslevel 16,7%) erreicht werden kann, wobei der Ursprung der herangezogenen EEG-Aktivität vor allem in den prä- und primär-motorischen Arealen liegt. In der 2. Studie konnten verschiedene Griffe aus MRCP-Features (binäre Klassifikationsgenauigkeit von 74% Griff vs. Griff) bestimmt werden. Die Tests mit Hoch-Querschnittgelähmten zeigten eine Klassifikationsgenauigkeit von 53 % (Untergruppe 1) und 57 % (Untergruppe 2).

### **Schlußfolgerung**

Die bisherigen Studien des MoreGrasp-Projekts zeigen, dass es sowohl bei nichtbehinderten Probanden als auch Hochgelähmten möglich ist, Bewegungen einzelner Gelenke des gleichen Arms und verschiedene Griffmuster aus dem EEG zu bestimmen. Da die bisherigen Auswertungen offline erfolgten, muss in weiteren Studien gezeigt werden, ob und in welcher

Genauigkeit die Ausführung verschiedener Griffe aus dem EEG in Echtzeit erkannt werden kann. Mit den Multipad-Elektroden kann zumindest ein Teil der Nachteile von nichtinvasiven Greif-NPs überwunden und damit der Transfer in die Alltagsanwendung erleichtert werden. Prinzipiell lassen sich viele Nachteile von nichtinvasiven NPs mit invasiven Systemen beheben. Auch in Deutschland wird im vom BMBF seit Ende 2016 geförderten Innovationscluster INTAKT an implantierbaren Greif-NPs geforscht [4].

Bei ausgedehnteren Lähmungen ist eine Wiederherstellung von Schulter-/Ellenbogenfunktion ausschließlich über FES aufgrund der erhöhten Muskelermüdung und der geringen Abstufung der Gelenkposition nicht möglich. Dies kann nur durch Verwendung von externen orthetischen Komponenten und auch nur im Laborsetting erreicht werden [5, 6]. Ein weiteres Problem von Hoch-Querschnittgelähmten ist der Verlust des Tastsinns. Eine natürliche Rückmeldung von Greifkräften kann nur über implantierte Hirnelektroden erreicht werden. Diese invasiven sensiblen NPs sind zwar prinzipiell funktionsfähig, allerdings noch nicht langzeitstabil [7].

### **Literaturreferenzen**

- [1] Rupp R.: Neuroprosthetics. In: Weidner N., Rupp R., Tansey K. (Hrsg.), Neurological aspects of spinal cord injury, Springer, Cham, CH, 689-720, 2017
- [2] Berberich M., Franz S., Rohm M., Weidner N., Rupp R.: Nichtinvasive Greifneuroprothesen für Hoch-Querschnittgelähmte – der Schlüssel(griff) zu mehr Lebensqualität, Med-Orthop Tech 6, 29-35, 2015
- [3] Schwarz A., Ofner P., Pereira J., Sburlea A., Müller-Putz G.R.: Decoding natural reach-and-grasp actions from human EEG, J Neural Eng, in press.
- [4] <https://www.technik-zum-menschen-bringen.de/projekte/intakt>
- [5] Rohm M., Schneiders M., Müller C., Kreiling A., Kaiser V., Müller-Putz G.R., Rupp R.: Hybrid brain-computer interfaces and hybrid neuroprostheses for restoration of upper limb functions in individuals with high-level spinal cord injury, Artif Intell in Med 59, 133-142, 2013
- [6] Ajiboye A.B., Willett F.R., Young D.R., Memberg W.D., Murphy B.A., Miller J.P., Walter B.L., Sweet J.A., Hoyen H.A., Keith M.W., Peckham P.H., Simeral J.D., Donoghue J.P., Hochberg L.R., Kirsch R.F.: Restoration of reaching and grasping movements through brain-controlled

muscle stimulation in a person with tetraplegia: a proof-of-concept demonstration, *Lancet* 389(10081), 1821-1830, 2017

[7] Flesher S.N., Collinger J.L., Foldes S.T., Weiss J.M., Downey J.E., Tyler-Kabara E.C., Bensmaia S.J., Schwartz A.B., Boninger M.L., Gaunt R.A.: Intracortical microstimulation of human somatosensory cortex, *Sci Transl Med* 8(361), :361ra141, 2016