

BRAIN-MACHINE-INTERFACE

Motorische Neuroprothesen

Die Neurotechnologie ist auf dem Weg in die klinisch orientierte Forschungsphase.

Weltweit intensivieren sich Anstrengungen um die Entwicklung der „Brain-Machine-Interface“-Technologie, abgekürzt BMI oder BCI (Brain-Computer-Interface). Mithilfe dieser Technologie kann die gemessene Aktivität des Großhirns in elektrische Steuerungssignale umgewandelt werden. Von medizinischer Bedeutung ist dies für schwerstgelähmte Patienten: Hier könnte die Hirnaktivität dazu genutzt werden, eine Computeroberfläche oder Prothesen anzusteuern.

An der Universität Freiburg haben sich zu diesem Zweck Naturwissenschaftler, Mediziner und Ingenieure zusammengetan. Ihr Ziel ist die wissenschaftlich-technische Entwicklung eines minimalinvasiven BMIs zur Verbesserung der Handlungsfähigkeit von Menschen, die beispielsweise aufgrund von amyotropher Lateralsklerose (ALS) oder eines Schlaganfalls unter schweren, bisher nicht therapierbaren Lähmungen leiden.

Hirnaktivität zur Steuerung

Die *Abbildung* verdeutlicht das Funktionsprinzip eines BMI: Beim gesunden Menschen werden willkürliche Bewegungen durch die motorische Großhirnrinde gesteuert (blau). Von dort werden neuronale Impulse über das Rückenmark (grau) an die Muskulatur gesendet. Ist dieser Weg unterbrochen (rot), entstehen Lähmungen bis hin zur vollkommenen Unfähigkeit zu willkürlichen Bewegungen – obwohl das Gehirn nach wie vor in der Lage sein kann, die entsprechenden Steuerungssignale zu generieren. Ein BMI soll einen Teil der Bewegungsfähigkeit gelähmter Patienten wiederherstellen. Elektroden messen die noch vorhandene Gehirnaktivität und leiten sie an ein System aus Verstärker, Computer und Software (lila) weiter, welches die Hirn-

aktivität in Kontrollsignale zur Steuerung von Computern oder künstlichen Gliedmaßen umsetzt. Die Freiburger Wissenschaftler verfolgen dabei einen BMI-Ansatz, der möglichst wenig neuronales Gewebe zerstört. Dazu werden die Elektroden direkt auf der Gehirnoberfläche implantiert. Die daraus resultierende, auf Hirnoberflächensignalen beruhende Technologie hat eine Reihe von Vorteilen gegenüber anderen, bisher intensiver erforschten BMI-Technologien.

So setzt etwa die junge US-amerikanische Firma Cyberkinetics, die mit Forschern der Brown University, Providence, R. I., zusammenarbeitet, auf Hunderte Drahtelektroden, die auf einem Chip gebündelt in das Gehirngewebe geschossen werden. Während es diese Technik ermöglicht, die Aktionspotenziale einzelner Nervenzellen zu messen, kann funktionelles neuronales Gewebe verletzt werden. Lokale Gewebereaktionen können zudem die Signalqualität beeinträchtigen.

Eine dritte Technologie wird auf der Basis der klassischen Elektroenzephalographie (EEG) entwickelt. Die EEG-Signale besitzen jedoch im Vergleich zu den intrakraniell gewonnenen Daten eine geringere Auflösung und sind informationsarm und störungsanfällig. Tübinger Forschern ist es gelungen, mit dieser Technologie ALS-Patienten das Schreiben von Texten zu ermöglichen, wenn auch in sehr langsamem Tempo (ein einfacher Satz erfordert bereits mehrere Minuten).

Während die letzteren beiden Technologien bereits seit rund zehn Jahren mit steigender Intensität erforscht werden, wurde der „proof of principle“ für eine Bewegungssteuerung durch ein BMI auf Hirnoberflächensignalen erst 2003/2004 erbracht. Im Rahmen laufender Projekte zur Grundlagenforschung

konnten die Freiburger Forscher – in etwa zeitgleich mit einer US-amerikanischen Gruppe – zeigen, dass bioelektrische Aktivität, die unmittelbar an der Oberfläche der menschlichen motorischen Großhirnrinde gemessen wird, wesentliche Informationen über willkürliche Bewegungen enthält.

Weitere Entwicklung

Das gewachsene Freiburger Team aus dem Bernstein-Zentrum für Computational Neuroscience, der Neurobiologie, dem Universitätsklinikum und dem Institut für Mikrosystemtechnik beginnt jetzt damit, Forschungsprototypen solcher motorischen Neuroprothesen für den Einsatz am Patienten weiterzuentwickeln. Dazu wird zunächst mit Patienten gearbeitet, denen im Rahmen der prächirurgischen Epilepsiediagnose Elektroden auf die Hirnoberfläche implantiert werden. Diese trainieren über die subdural implantierten Elektroden die Kontrolle virtueller Effektoren in Echtzeit.

Kürzlich wurde die von den Wissenschaftlern Carsten Mehring, Tonio Ball und Jörn Ricker geleitete Nachwuchsgruppe mit der GoBio-Förderung des Bundesforschungsministeriums ausgezeichnet. Durch die mit dieser Auszeichnung verbundenen Mittel von mehr als zwei Millionen Euro will das Forscherteam die wissenschaftliche BMI-Entwicklung in Freiburg ausbauen und die Technologie zur klinischen Anwendungsreife entwickeln. Neue Mitarbeiter werden gesucht (Informationen unter www.bmi.uni-freiburg.de).

Jörn Ricker^{2,3}, Tonio Ball^{1,2},
Carsten Mehring^{2,3}

¹Neurozentrum Universitätsklinikum Freiburg, ²Bernstein-Zentrum für Computational Neuroscience Freiburg, ³Institut für Biologie I, Albert-Ludwigs-Universität Freiburg

