

Brain Computer Interfaces (BCI)

«ES IST, ALS WÄRE MAN IN EINER ZÄHEN MASSE GEFANGEN»

Das Interview führte: Julia Rippstein

Im letzten November nahm Samuel Kunz im Rahmen des Cybathlon an einem virtuellen Autorennen mittels Gedankensteuerung teil und landete auf Platz 4. Am Wettkampf Cybathlon bewältigen Menschen mit körperlicher Beeinträchtigung Alltagsübungen anhand modernster Technologien. Im Interview mit der SÄZ erklärt Samuel Kunz, wie es ist, Brain Computer Interfaces anzuwenden.

Von welcher Art Lähmung sind Sie betroffen?

Ich wurde nach einem Badeunfall 2014 Tetraplegiker. Ich bin ab den Wirbeln C4 und C5 gelähmt. Beide Arme kann ich nur noch minimal bewegen.

Welche Technologien verwenden Sie im Alltag?

Meine zwei wichtigsten Hilfsmittel sind mein Smartphone und mein Rollstuhl. Das Smartphone kann ich ohne Assistenz benutzen. Damit steht mir eine ganze Reihe an Apps zur Verfügung. Der Elektrorollstuhl hat neben der Mobilität den grossen Nutzen, dass ich per Bluetooth auf jede Computermaus zugreifen kann. Somit ist es mir möglich, am Computer zu arbeiten. Zusätzlich benutze ich am Computer das Spracherkennungsprogramm Dragon NaturallySpeaking, um längere Texte zu schreiben.

Waren Sie vor dem Cybathlon bereits mit Brain Computer Interfaces (BCI) vertraut?

Nein, ich hatte noch nie von dieser Technologie gehört. Im Alltag könnte ich BCI jedoch nicht nutzen. Die Ausrüstung besteht aus einer Mütze mit Elektroden, einer sogenannten Elektroenzephalografie-Cap. Diese ist sehr aufwendig zum Installieren und Tragen. Die Geräte sind aktuell noch zu wenig weit entwickelt, damit Menschen wie ich einen regelmässigen Nutzen daraus ziehen könnten. Das ist vor allem wichtig für Menschen, die komplett gelähmt sind. Sie könnten von dieser Technologie am meisten profitieren, besonders um zu sprechen oder um Geräte wie Computer oder einen Rollstuhl zu steuern.



Samuel Kunz braucht eine Stunde, um die BCI-Ausrüstung anzuziehen. (ETH Zurich/Cybathlon, Alessandro Della Bella)

Wie sind Sie dazugekommen, am Cybathlon mitzumachen, obwohl Sie vorher nie Kontakt mit BCI hatten?

Ich habe dank meines Therapeuten vom Wettkampf gehört. Das hat sofort meine Neugierde geweckt. Da ich an der ZHAW Maschineningenieur studierte und seitdem als Konstrukteur arbeite, bin ich sehr technikaffin.



Hochkonzentriert während des virtuellen Rennens am Cybathlon: Samuel Kunz landete auf Rang 4. (ETH Zurich/Cybathlon, Alessandro Della Bella)

Was genau sind Brain Computer Interfaces?

Brain Computer Interfaces oder auf Deutsch Gehirn-Computer-Schnittstellen sind direkte Kommunikations-schnittstellen zwischen dem Gehirn und einem externen Gerät wie einem Computer oder einem elektronischen System. Das heisst, die Verbindung Gehirn-Computer erfolgt ohne Aktivierung des peripheren Nervensystems. Die heutigen BCI sind in der Lage, die Hirnaktivität zu messen.

Können Sie das konkretisieren?

Am Cybathlon bedienen sich dafür die meisten Teams der Elektroenzephalografie (EEG) zur Erkennung von Hirnsignalen – so auch mein Team. Dafür muss ich eine Kappe mit 64 Elektroden anziehen. Jede einzelne der Elektroden ist mit einem Elektrolytgel befüllt, damit der Kontakt zwischen Elektrode und Kopfhaut gesichert ist. Dann werden die Kabel der Kappe mit einem Signalverstärker gekoppelt, der seinerseits mit einem Laptop verbunden ist, auf dem das Computerspiel läuft. Beim virtuellen Autorennen muss jeder Pilot seinen eigenen Avatar im eigens dafür entwickelten Computerspiel kontrollieren. Das Ziel ist, den Avatar innerhalb von vier Minuten möglichst weit zu steuern. Dafür müssen die richtigen Hirnsignale im richtigen Moment gesendet werden.

Wie war es, als Sie BCI zum ersten Mal testeten?

Wie gesagt, das war für mich etwas ganz Neues. Da ich mich für Technologie interessiere, war ich sehr neugierig zu sehen, wie das überhaupt funktioniert. Am Anfang war ich hochmotiviert, auch weil die ersten Trainings schnell zu grossen Fortschritten führen. Dann stagniert die Leistung, und die anfängliche Spannung geht etwas verloren. Mit der Zeit können die Übungen sogar eintönig werden.

Wie kann man die Gedankensteuerung überhaupt trainieren?

Es geht darum, das Gehirn zu trainieren, so dass das richtige Signal zum exakten Zeitpunkt gesendet wird, damit der Avatar die richtige Bewegung macht, um näher ans Ziel zu kommen. Ein falsches Signal verlangsamt hingegen den Avatar. Dabei kann ich vier Kommandos geben: Wenn ich das Auto nach links steuern will, muss ich daran denken, meine linke Hand zu bewegen. Möchte ich rechts abbiegen, denke ich an meine rechte Hand. Um das Auto geradeaus zu fahren muss ich möglichst zur Ruhe kommen, und um die Fahrzeuglichter einzuschalten, muss ich daran denken, beide Füsse gleichzeitig zu bewegen. Dazu ist die Kalibration am Anfang sehr wichtig: Aus den kalibrierten Daten lassen sich dann die Bewegungsabsichten ableiten.

Was passiert genau bei der Kalibration?

Das menschliche Gehirn sendet eine ganze Reihe von Signalen aus. Die Kalibration dient dazu, die Signale herauszufiltern, die für die Steuerung des Computerspiels verwendet werden, und sie mit Maschinellern zu identifizieren. So etabliert sich abhängig von meinen Gedanken ein unterschiedliches Muster in der Kortexregion. Dieses wird über EEG registriert und durch Algorithmen in ein Steuerungssignal umgewandelt. Die Kalibration ist eine obligatorische Etappe vor jedem Training: Es ist wie ein Zusammenspiel, eine stetige Anpassung zwischen der Programmentwicklung und der eigenen Leistung.

Wie läuft eine Trainingssession ab?

Bis zum Wettkampf absolvierte ich jeden Mittwoch eine dreistündige Trainingssession bei mir zu Hause mit der Hilfe einer Bachelorstudentin vom «Neural Control of Movement Lab» der ETH Zürich. Die erste Stunde wird dazu verwendet, um die Ausrüstung, sprich den EEG-Cap, anzuziehen – ein mühsamer Prozess. Dann gibt es die Kalibrationsphase, die rund 30 Minuten dauert. Erst dann kann ich auf der Teststrecke trainieren, die ähnlich ist wie die beim Cyathlon. Für das Ausziehen der Ausrüstung benötige ich wieder fast eine Stunde. Visuell passiert wenig: Ich bin die ganze Zeit hochkonzentriert vor dem Bildschirm. Aber nach einem Training bin ich ziemlich erschöpft: Den eigenen Körper in Gedan-

ken zu bewegen fühlt sich fast so an, als wäre man in einer zähen Masse gefangen.

Was sind die Herausforderungen bei einem solchen Rennen?

Das Schwierigste ist, nicht zu blinzeln. Augenbewegungen zur Gedankenerfassung sind nicht erlaubt. Zwar kann man so Bewegungswünsche einfach ausdrücken, aber Blinzeln ist nicht ideal, weil die Augen im Alltag für andere Aufgaben benötigt werden. Da man die Gedanken sehr präzise erfassen muss, was bereits eine Herausforderung an sich ist, darf man allgemein nicht abgelenkt werden.

Stress kann da ein wichtiger Störfaktor sein.

Ja, das stimmt. Aber da der Wettkampf nicht physisch stattfand, sondern online übertragen wurde, war der Stress weniger greifbar – ich sass nicht vor einem vollen Stadion, sondern in einem Raum mit den anderen Pilotinnen und Piloten. Ausserdem bin ich mit solchen Stresssituationen vertraut, da ich früher Handball gespielt habe.

Lesen Sie zum Thema Cyathlon auch: Rippstein J. «Es gibt keinen vergleichbaren Wettkampf». *Schweiz Ärztsztg.* 2020;101(50):1694–6.

Grosses Interesse der Industrie

Das BCI-Team wird von Rea Lehner geleitet, Wissenschaftlerin am Forschungsprogramm «Future Health Technologies». Unterstützung bekommt das Team von der Rehaklinik Zihlschlacht und von der Firma Brain Products, die die Messinstrumente zur Verfügung stellt. Die Optimierung des Algorithmus für die Signalverarbeitung ist ein langwieriger Prozess: Lehnerts Team war fast zwei Jahre damit beschäftigt. Der Algorithmus ermöglicht, die elektrischen Signale in Samuel Kunz' motorischem Kortex exakt und gezielt in Bewegungen auf dem Bildschirm umzuwandeln.

Das Interesse der Industrie an Brain Computer Interfaces ist enorm: Die Internet-Giganten Google und Facebook sowie Elon Musks Unternehmen Neuralink investieren Millionen in diesen Bereich. Bisher lag der Fokus auf Sprachsteuerung, nun wird auf die gedankliche Steuerung von Smartphones und Tablets gesetzt. Bei Neuralink werden beispielsweise hauchdünne, implantierbare Elektroden entwickelt. Eine Anwendung am Menschen ist aber nicht ungefährlich. Obwohl man mit direkt im Gehirn implantierten Elektroden viel deutlichere Signale als über eine Kappe erhält, steht Lehner invasiven BCI kritisch gegenüber. Denn: Die Komplikationen können gravierend sein, und Langzeitstudien mit grossen Kohorten gibt es kaum. Solche Eingriffe wurden daher in Bezug auf den Patientennutzen bisher nur selten durchgeführt. Die Expertin hofft, dass die Entwicklung von nichtinvasiven BCI-Technologien schnell Fortschritte macht.

[julia.rippstein\[at\]emh.ch](mailto:julia.rippstein[at]emh.ch)