

# VOM HIRN DIREKT IN DIE MASCHINE

Herkömmliche Techniken zur Eingabe von Befehlen in einen Computer per Tastatur sind überholt. Forscher verbinden unsere Gehirne neu direkt mit den Maschinen. Die ersten brauchbaren Geräte tauchen nicht nur in der Medizinaltechnik auf, sondern auch als Spielzeug.

BEAT GLOGGER WISSENSCHAFTSJOURNALIST UND AUTOR SCHWEIZ

**W**ie haben wir sie geliebt, die ersten Computerspiele. Als im Jahre 1976 in *Breakout* von Atari ein heller Punkt über einen Schwarzweissmonitor sauste, versuchten wir mit schweissnassen Händen an einem Joystick, einen Leuchtbalken so zu verschieben, dass er den Punkt zurückschlug. Tennis nannten wir das.

Heute lächeln wir darüber. Doch auch wenn seither über Generationen von *Gameboys*, *Playstations* und *X-Boxen* aus Leuchtpunkten dreidimensionale Spielfiguren geworden sind, eines hat sich kaum verändert: die Eingabetechnik. Der Spieler hebt am Joystick, dreht an einem Rad oder drückt auf Tasten; egal ob er springt,

schießt oder eben Tennis spielt. Praktisch nie widerspiegelt die Aktion des Spielers die Handlung auf dem Bildschirm.

Erst knapp dreissig Jahre nach *Breakout* hat die Bedienung der Maschine eine Veränderung erfahren: mit der Einführung der *X-Box 360* von Microsoft und *Wii* von Nintendo. *Wii* wird von den Spielern mit Bewegungssensoren gesteuert, die sie in der Hand halten. Die Sensoren registrieren ihre Position und die Bewegungen im Raum, der Rechner setzt die Daten in entsprechende Aktionen der Figuren auf dem Bildschirm um.

Die *X-Box 360* kommt sogar ganz ohne technische Eingabehilfe aus. Eine Kamera filmt die Spieler, die vor dem Fernsehgerät herumfuchtelnd und -hampeln. Was beiden gemeinsam ist: Die Spielkonsolen haben die Barrieren zwischen Mensch und Maschine praktisch aufgehoben.

## Cyborg aus der Science-Fiction

Szenenwechsel in ein Labor der neurowissenschaftlichen Forschung. Hier arbeitet man daran, die Verbindung zwischen Homo und Apparat noch viel direkter zu machen. In einem weiss gekachelten Raum steht eine Plexiglasbox, darin ein Affe, ein graubrauner Makake. Daneben steht ein Roboterarm, der dem Affen unablässig Leckereien in den Mund schiebt. Doch niemand ist zugegen, der den Roboter steuert. Dies tut der Affe ganz alleine. Er tut es mit Gedankenkraft.

Solche Experimente laufen an verschiedenen Orten auf der Welt. Etwa am Institut für Neurobiologie an der University of Minnesota oder am Department of Electrical Engineering and Computer Sciences an der University of California in Berkeley. Die Hirnforscher arbeiten am sogenannten Brain Machine Interface, sie zapfen Hirnströme an und steuern damit Maschinen. Oben auf dem Schädel des Affen sitzt eine metallene Kapsel. Darunter – für den Betrachter unsichtbar – führen hauchdünne Elektroden bis tief in sein Gehirn: bis in die Region, die die Bewegungen von Arm



**Spielen als aktives Erlebnis:** Wii wird von den Spielern mit Bewegungssensoren gesteuert, die sie in der Hand halten. Bei einem Tennismatch beispielsweise schwingen sie die Wii Remote wie einen Schläger. Dieser sendet Bewegungen und Lage im Raum drahtlos an die Konsole weiter.



## Gedankengesteuerter Arm:

Christian Kandlbauer ist der einzige Patient in Europa, der diesen Prototyp benutzt.

Noch vorhandene Nerven des Armstumpfes werden verlagert und mit übrig gebliebenen Muskeln verbunden. Diese Verbindung von Mensch und Prothese ermöglicht eine intuitive Steuerung. Der Patient «denkt» die Bewegung seines verlorengegangenen Arms. Elektroden nehmen die Nervensignale auf und leiten diese an ein komplexes, elektronisches Analysesystem im Inneren der Prothese. Dort werden die Impulse in Steuerbefehle für Motoren umgesetzt. (Foto und Quellennachweis zum Thema Bionik-Arm: Otto Bock HealthCare GmbH, Deutschland)

<

und Hand steuert. Noch handelt es sich um Grundlagenforschung, denn es ist sehr schwierig, aus der Fülle der elektrischen Hirnimpulse jene herauszufiltern, die für die Steuerung der Greifbewegung zuständig sind. Es braucht dazu aufwendige Computeranlagen und komplizierte Algorithmen. Doch eines Tages sollen Patienten, die einen Arm verloren haben, eine mechanische, vom Hirn gesteuerte Prothese erhalten.

Nicht aus dem Hirn, aber doch direkt aus dem Nervensystem war die Armprothese des 17-jährigen Brasilianers Pierpaolo Petruzzello gesteuert. Der Junge hatte im Jahr 2006 bei einem Autounfall seine linke Hand und den Unterarm verloren. An der Universität Campus Bio-Medico in Rom wurden ihm vier Minielektroden in den Armstumpf eingesetzt und mit Nervenbahnen des Oberarms verbunden. Daran angeschlossen war eine biomechanische Prothese (Anmerkung: es war Unterarm und Hand). Dann trainierte der Junge wochenlang. Bis er mittels Nervenimpulsen einzelne Finger der Cyberhand bewegen konnte. Sogar Gegenstände konnte er ergreifen. «Es forderte extreme Konzentration und war sehr anstrengend», sagt Pierpaolo in einem Interview auf Discovery. Die Prothese wurde nach einem Monat



Wissenschaftler der ETH Lausanne haben einen Rollstuhl entwickelt, der sich mit den Gedanken steuern lässt.  
© EPFL | Alain Herzog

wieder entfernt. Als Nächstes will deren Entwickler, Professor Paolo Maria Rossini, sie so weit verbessern, dass Patienten sie über Jahre tragen können.

### Rollstuhl fährt wie von Geisterhand

Einen völlig anderen Weg gehen Forscher der ETH Lausanne. José del R. Millán will Maschinen ans Nervensystem des Menschen anschliessen, ohne ins Gehirn oder sonst wo einzudringen. «Wir messen die Hirnströme mittels externer Elektroden, wie man sie von einem EEG her kennt», erklärt Millán, der das neu geschaffene Zentrum für Neuroprothesen leitet. (Anm. Red.: EEG = Elektroenzephalografie, Aufzeichnung der elektrischen Aktivität des Gehirns) Ein Assistent stülpt einer jungen Frau eine Art weisse Badekappe über den Kopf. In der Kappe sind in einem regelmässigen Muster Löcher eingelassen, durch die der Assistent eine Kontaktpaste auf die Kopfhaut aufträgt und Elektroden anklebt. Ein Bündel von Kabeln führt zu einem Computer.

Die Probandin konzentriert sich auf das Alphabet, das auf dem Bildschirm vor ihr dargestellt wird. Mit grosser Anstrengung gelingt es ihr, Buchstabe um Buchstabe einzelne Wörter zu bilden.

Und seit neuestem sieht man auch einen etwas schwerfälligen Rollstuhl durch das Institut in Lausanne fahren. Auch er ist mit Gedankenkraft gesteuert. Noch gleicht der Rollstuhl mehr einem fahrenden Rechenzentrum. Nebst zwei Computern ist er auch mit zwei Kameras ausgerüstet, die permanent die nähere Umgebung filmen. Aus dieser optischen Information und den Hirnströmen des Probanden berechnet der

Computer einen Befehl. Sauber umkurvt er farbige Hindernisse, die ihm im Weg stehen. Noch ist der Rollstuhl ein Experiment, doch Neurowissenschaftler Millán ist überzeugt, schon bald gelähmten Menschen wieder eine gewisse Mobilität zurückgeben zu können.

### Spielindustrie auf der Überholspur

Bevor aber irgendeine Art von Hirn-Computer-Schnittstellen für Patienten zur Verfügung steht, verblüfft eine 32-jährige Jungunternehmerin namens Tan Le die Welt. Was die Gründerin des Elektronikunternehmens Emotiv Systems zeigt, wirkt angesichts der Schwierigkeiten, mit denen Neurowissenschaftler noch kämpfen, fast wie Provokation.

Während die Neurowissenschaftler in mühsamer Präzisionsarbeit Elektroden in Gehirne einpflanzen oder unzählige davon auf die Kopfhaut von Probanden kleben, bat Tan Le im vergangenen Juli an der Branchenmesse TED (Technology Entertainment Design) einfach einen Kollegen auf die Bühne, setzte ihm ein Gerät auf den Kopf, das aussieht wie eine Spinne mit 16 Beinen. «Wir brauchen keine klebrige Paste», sagte die gebürtige Vietnamesin lächelnd. «Und wir machen das Ganze drahtlos.»

Doch das eigentlich Grossartige an Tan Les Entwicklung ist die Umkehrung des Lernprozesses. Nicht der Proband muss das denken, was der Computer verlangt, und der Computer muss auch nicht im Durch-einander von Gehirnströmen jene Wellen identifizieren, die er zur Steuerung eines Cursors oder Rollstuhls verwenden kann. Bei Tan Les System gibt der Computer



Tan Les erstaunliches neues Computerinterface liest die Gehirnströme seiner Benutzer und ermöglicht es, in Videogames virtuelle Objekte zu steuern.

einen einfachen Befehl vor, zum Beispiel: «nach rechts». Dann denkt der Proband dazu etwas x-Beliebiges. Das dabei entstandene Muster von Hirnströmen ordnet der Computer einfach diesem Befehl zu. Dann gibt er einen nächsten Befehl vor, und der Proband denkt wieder an irgendetwas. So erstellt jeder Benutzer sein persönliches Profil von Hirnstrommustern. Und das geht rasend schnell. Pro Befehl dauerte die Lernphase ganze acht Sekunden. Der Proband, mit dem Tan Le ihre Entwicklung präsentierte, hatte zuvor nie mit dem Gerät trainiert. Doch nach wenigen Minuten steuerte er mühelos virtuelle Objekte im Raum umher.

Eine Standing Ovation schlug Tan Le entgegen. Dann merkte sie lächelnd an, eine normale EEG-Ausrüstung koste Zehntausende, ihr Spielzeug ein paar Hundert Dollar. Wie bald das System auf den Markt kommen soll, verriet die clevere Jungunternehmerin jedoch nicht. Sicher ist, dass die Spielindustrie auch in dieser Entwicklung eine treibende Kraft sein wird. <