

Zeitschrift: Horizonte : Schweizer Forschungsmagazin
Herausgeber: Schweizerischer Nationalfonds zur Förderung der Wissenschaftlichen Forschung
Band: - (2003)
Heft: 59

Artikel: Ich denke, also bewegt es sich
Autor: Dessibourg, Olivier
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-553341>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

Download PDF: 15.01.2026

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>

Allein mit Gedanken einen Rollstuhl bewegen oder auf einem Computer spielen – dank den Arbeiten von Forschungsteams in Martigny, Lausanne und Genf rückt die Vision näher.

VON OLIVIER DESSIBOURG

Ich denke, also bewegt es sich

Einen Gegenstand allein mit Gedanken in Bewegung zu versetzen: Was bis vor kurzem der Science-Fiction oder der Parapsychologie vorbehalten war, wird Realität. Eine Realität, die es zum Beispiel körperlich Behinderten ermöglicht, ihren Rollstuhl zu steuern oder zu kommunizieren, ganz einfach mit der Kraft ihrer Gedanken.

Ziel ist es, eine mobile Schnittstelle zwischen dem Gehirn und einem Computer zu schaffen, der eine Maschine bedient. Die Idee beruht auf einer nichtinvasiven Methode: dem Elektroenzephalogramm. Sie misst die elektrische Aktivität im Gehirn, wenn eine Person denkt, und wird bereits seit achtzig Jahren für diagnostische Zwecke genutzt. Bereits in den 1970er-Jahren hatten einige Leute die Idee, die dabei gemessenen Signale könnten auch zum Erteilen von Befehlen genutzt werden. Dreissig Jahre später arbeiten nun verschiedene Forschungsgruppen auf der ganzen Welt, darunter auch drei in der Schweiz, an der Umsetzung dieser Idee.

«Als wir vor drei Jahren feststellten, dass in der Schweiz dazu noch keine wissenschaftliche Publikation verfasst worden war, haben wir uns an die Arbeit gemacht», erklärt Touradj Ebrahimi, Professor am



Institut für Signalverarbeitung der ETH Lausanne. In der Zwischenzeit hat seine Gruppe ein Computerspiel entwickelt, bei dem sich ein Raumschiff mit Gedanken steuern lässt.

Roboter im Wohnungsmodell

Auch José del R. Millán und seinen Berufskollegen am Dalle Molle Institute for Perceptual Artificial Intelligence (Idiap) in Martigny gelang im Rahmen des Nationalen Forschungsschwerpunkts «Interaktives Multimodales Informationsmanagement» (IM2) Erstaunliches auf diesem Gebiet: Sie können mit Gedanken einen Roboter in einem Wohnungsmodell herumdirigieren. Eine Weltpremiere, die Anlass zur Hoffnung gibt, dass sich Rollstühle in naher Zukunft durch Gedanken lenken lassen.

Die Systeme funktionieren mit einer «Badekappe», auf der rund dreissig Elektroden befestigt sind. Sie messen durch die Schädeldecke hindurch die elektrischen Ströme zwischen den Nervenzellen, wenn das Gehirn aktiv ist. «Wir bitten die Versuchsperson, gewisse Aufgaben in Gedanken auszuführen. Zum Beispiel sich vorzustellen, einen Arm zu heben, wie sich ein Würfel dreht oder eine Rechnungsaufgabe zu lösen», erklärt Millán. Da je nach Aufgabe unterschiedliche Hirnareale aktiv sind, ergibt sich eine typische «Karte» mit elektrischen Strömen. Diesem Muster muss nur noch ein Befehl im Computer zugeordnet werden. Bei den folgenden Sitzungen muss der Computer diese Muster wiedererkennen, um die richtigen Befehle auszuführen. ►



Touradj Ebrahimi: «Als wir vor drei Jahren feststellten, dass in der Schweiz dazu noch keine wissenschaftliche Publikation verfasst worden war, haben wir uns an die Arbeit gemacht.»

Eine weitere Schwäche des Systems ist die langsame Reaktion. In einem so genannten synchronen System, wo die Versuchsperson eine ganz bestimmte Abfolge einhalten muss, um von einer Aufgabe zur nächsten zu gelangen, kann das Erkennen eines Gedankens einige Sekunden dauern. Es ist deshalb noch völlig undenkbar, ein Jagdflugzeug ausschliesslich mit Gedanken zu steuern, wie dies Clint Eastwood im Kinofilm «Firefox» (1982) vorführte.

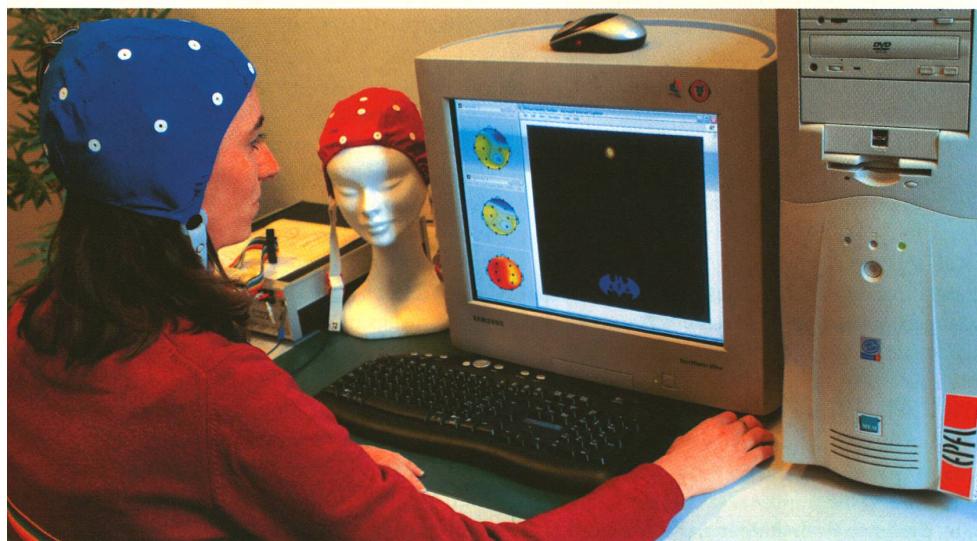
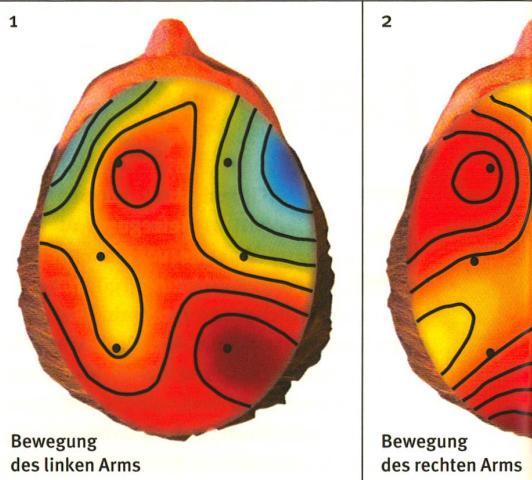
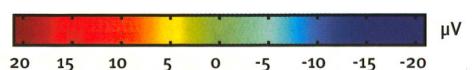
Erkennt zum Beispiel der Computer des Spiels an der ETH Lausanne, dass die Versuchsperson an eine Bewegung der rechten Hand denkt, verschiebt er das Raumschiff nach rechts. Identifiziert er eine Kopfrechnung, bewegt sich die Maschine nach vorne.

Signale sehr schwach

Trotz diesen Fortschritten weisen diese Systeme noch Mängel auf. Da die neuronalen Signale der Gedanken sehr schwach sind im Vergleich zum Hintergrundrauschen durch die Elektronik in der Umgebung – im Bereich von Mikrovolt gegenüber Millivolt –, ist die Übermittlung

zwischen den Elektroden und dem Computer recht störungsanfällig.

Wirkungsvoller wäre es zweifellos, die Elektroden direkt ins menschliche Gehirn einzupflanzen, wie dies bei Affen bereits mit Erfolg gemacht wurde. Diese invasive Methode wird jedoch aus ethischen Gründen abgelehnt. Dafür hat José del R. Millán eine Möglichkeit gefunden, die Signale in den Elektroden selbst zu verstärken und ihre Auswertung am Computer zu verbessern. Auch das Team aus Lausanne setzt auf die Optimierung der Signalauswertung. «Dank der von uns entwickelten komplexen Berechnungsalgorithmen ist dies unsere Spezialität», sagt Touradj Ebrahimi.



Das Computerspiel der ETH Lausanne: Mit den Gedanken lässt sich ein Raumschiff steuern.

Die Forschenden ziehen deshalb asynchrone Systeme vor, bei denen die Versuchsperson denken kann, wann sie will, und nicht dann, wenn die Maschine ihr dies vorgibt. «Dafür braucht es eine sehr empfindliche und schnelle Signalerkennung und eine geringe Fehlerquote, was noch schwierig zu bewerkstelligen ist», führt Millán aus, der diese Art von Systemen eingeführt hat. Er spricht aber bereits von einer Reaktionszeit von einer halben Sekunde.

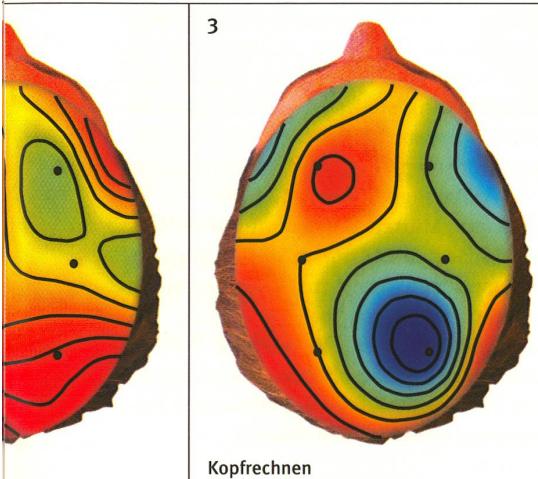
Einen neuartigen Ansatz verfolgen der Neurobiologe Christoph Michel und der Mathematiker Rolando Grave de Peralta am Universitätsspital Genf. «Die heutigen Systeme beschränken sich auf die Signale an der Schädeloberfläche. In unserem Projekt setzen wir eine sehr ausgeklügelte –

Noch braucht es für die dreidimensionale Hirnstrommessung 128 Elektroden: Christoph Michel (links), Rolando Grave de Peralta (Mitte) und José del R. Millán

natürlich nichtinvasive – Analyse ein, bei der aktive Hirnregionen in 3D lokalisiert werden», erklärt Professor Michel. Diese Methode wird nun von einem Team, dem auch José del R. Millán angehört, in die Schnittstelle von Gehirn und Computer integriert.

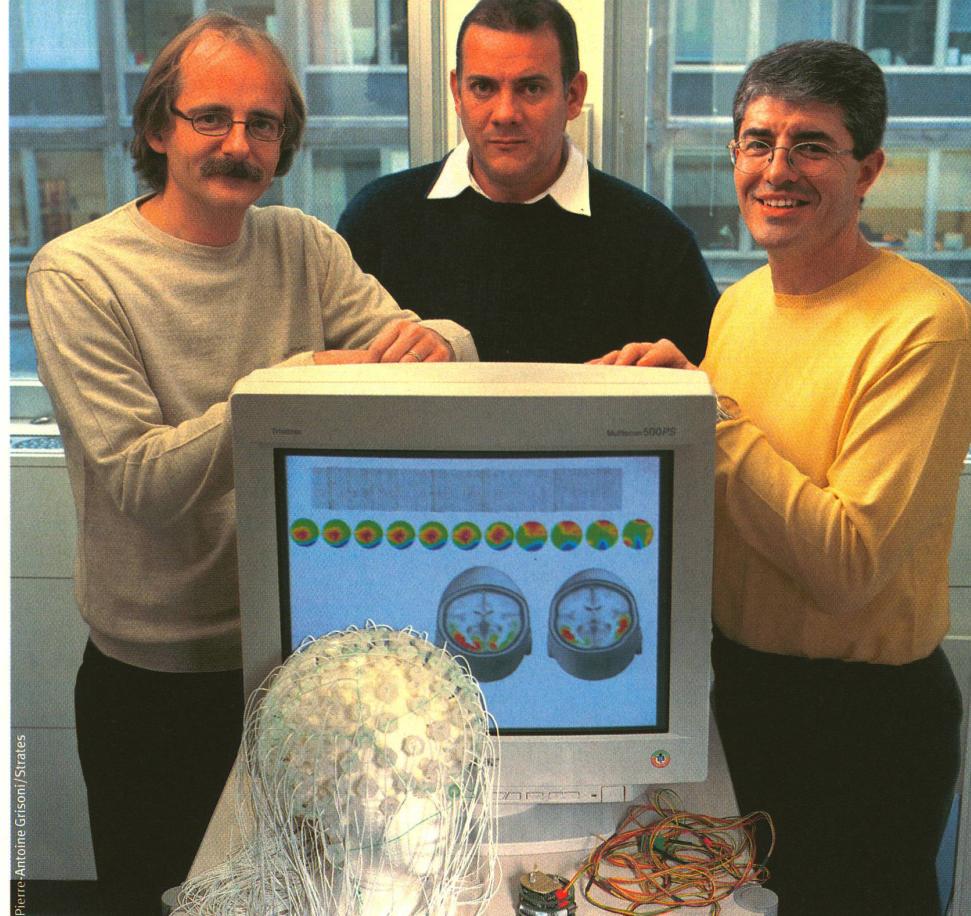
Um die tatsächlichen und die registrierten Denkmuster besser aufeinander abzustimmen, stützen sich heute alle Forschenden auf das Konzept des gegenseitigen Lernens: «Der Computer gibt den

Jeder Gedanke erzeugt ein spezifisches Muster von elektrischen Signalen, die zwischen den Neuronen ausgetauscht werden. Der Computer lernt, diese Karten zu unterscheiden.



Gedanken an, den er identifiziert zu haben glaubt. Liegt er falsch, muss die Person Denkstrategien entwickeln, um die Erkennung der Signale für die Maschine zu erleichtern. Auch die Maschine nimmt die notwendigen Anpassungen vor», erklärt Millán. Deshalb sind einige Stunden Training pro Woche notwendig. Umso mehr, als der gesamte Prozess sowie die «Signal-karten» für jede Person anders aussehen.

Die ersten Ergebnisse sind allerdings vielversprechend. Am Idiap ist es zwei Personen gelungen, den Roboter im Wohnungsmode herumzusteuren. «Erstaunlich ist, dass diese mentale Steuerung nur 35 Prozent mehr Zeit in Anspruch nahm als eine manuelle Führung», freut sich José del R. Millán. Die Sache mit dem Rollstuhl wird aber noch nicht gleich morgen ins



Rollen kommen, und zwar aus zwei Gründen: «Erstens wird die Leistung dieser Schnittstellen dadurch beeinträchtigt, dass die Person auf einer Plattform sitzt, die in Bewegung ist. Denn das Sehen löst im Gehirn zusätzliche Signale aus. Andererseits sind die Kontrollmöglichkeiten des Rollstuhls noch immer bescheiden, was die Bewegung in einem komplexen Umfeld erschwert», präzisiert Millán, der mit viel Eifer an der Lösung dieser Probleme arbeitet. Bereits realisierbar wären hingegen einfache Handgriffe, zum Beispiel das Betätigen eines Schalters.

Breit angelegte Studien nötig

Obwohl er die Schwächen dieser Systeme kennt, ist sich Ebrahimi sicher, dass multimediale Umgebungen, in denen die Schnittstelle von Mensch und Maschine mit der technologischen Entwicklung bis jetzt nicht Schritt halten konnte, künftig mit einem zusätzlichen Kommunikationskanal ausgerüstet sein werden.

Um die Probleme besser anzugehen und möglicherweise Gemeinsamkeiten zwischen den Individuen zu erkennen, sind aber breit angelegte Untersuchungen mit vielen Versuchspersonen notwendig,

wie jene Studie, die gegenwärtig an der ETH Lausanne durchgeführt wird. «Bis heute haben rund 30 Personen unser System getestet, und wir hoffen, dass es bald 200 sein werden», erklärt Ebrahimi. «Aber keine Angst: Wir können nur feststellen, ob – und nicht was – jemand gerade denkt! Ein Gerät, mit dem sich die Gedanken der Leute lesen lassen, ist völlig utopisch», versichern die beiden Forscher des Idiap und der ETH Lausanne einhellig. Wie wenn sie bereits meine Gedanken und die Gedanken all jener gelesen hätten, die Schlechtes über solche Systeme denken könnten... ■

Ein Gedanke wert...

Die Forschungsgruppe an der ETH Lausanne sucht Personen, die das System testen. Interessiert?

Kontakt: ulrich.hoffmann@epfl.ch oder Tel. 021 693 46 21.

Informationen unter: <http://bci.epfl.ch>.

Die Versuchspersonen erhalten ein Zertifikat, das ihre Teilnahme bescheinigt, die Karte ihrer Hirnaktivität sowie ein T-Shirt.