

Vom Planen zum Handeln: Grundlegende Erkenntnisse zur Bewegungsplanung im Gehirn

Welche Neuronen im Gehirn steuern wie Bewegungen? Das haben Forschende aus Neurowissenschaften und KI im interdisziplinären Forschungszentrum BrainLinks-BrainTools der Universität Freiburg untersucht. Die Ergebnisse wurden nun in der Fachzeitschrift Cell Reports veröffentlicht. Die Studie kann dazu beitragen, die Präzision von per Gedanken steuerbaren Prothesen zu verbessern.

3 - 2 - 1 - und los! Alle Läufer*innen drücken sich bei Ertönen des Signals aus ihren Startblöcken und sprinten los. Dass wir in Sekundenbruchteilen handeln können, liegt daran, dass wir im Gehirn Bewegungen bereits vorausplanen, bevor sie ausgeführt werden. Im interdisziplinären Forschungszentrum BrainLinks-BrainTools der Universität Freiburg haben 15 Forschende aus Biologie, KI und Neurotechnologie nun genauer untersucht, wie der Übergang von der gedanklichen Vorbereitung einer Bewegung zur Ausführung durch die Muskeln auf neuronaler Ebene gesteuert wird. Im Ergebnis schlagen die Forschenden in der Fachzeitschrift Cell Reports nun ein verbessertes Modell zum Verständnis der neuronalen Abläufe bei der Bewegungsplanung vor.

„Dank dieser Grundlagenforschung verstehen wir die neuronalen Abläufe im Gehirn zur Steuerung von Bewegungen nun besser. Die Erkenntnisse könnten langfristig genutzt werden, um Therapien oder Hilfsmittel für Menschen mit Bewegungseinschränkung zu entwickeln. So könnten beispielsweise in Zukunft Sensoren Bewegungsbefehle im Gehirn erfassen und an eine intelligente Prothese weiterleiten“, sagt Prof. Dr. Ilka Diester, Sprecherin des Zentrums BrainLinks-BrainTools und Professorin für Optophysiology an der Fakultät für Biologie, die die Studie gemeinsam mit Prof. Dr. Joschka Bödecker, Professor für Informatik an der Technischen Fakultät, konzipiert hat.

Messung neuronaler Aktivität bei Bewegungsplanung und -ausführung

Für die Studie trainierten die Forschenden Ratten, mit der Pfote einen Schalter zu drücken, bis ein Vibrieren zu spüren ist, und ihn dann loszulassen. Als Belohnung erhielten sie einen Tropfen Zuckerwasser. Die neuronalen Aktivitäten während dieses Experiments wurden aufgezeichnet.

Was die Bewegungsplanung und -ausführung angeht, ist das Nagetierhirn dem der Menschen vergleichbar: Bei beiden gibt es zwei bestimmte Bereiche im Gehirn, die aktiv werden, wenn Bewegungen geplant und ausgeführt werden: den prämotorischen und den primärmotorischen Cortex. „Bislang war unklar, wie genau die Bewegungsplanung zwischen den beiden Hirnarealen koordiniert wird. Vor allem fragten wir uns, wieso beide Hirnregionen bereits Aktivität zeigen, bevor die Bewegung tatsächlich ausgeführt wird und ohne dass es zu vorzeitiger Bewegung kommt“, erklärt Dr. Julian Ammer, Projektleiter in Diesters Forschungsgruppe Optophysiology und neben Dr. Mansour Alyahyay, Dr. Gabriel Kalweit und Hao Zhu einer von vier Erstautoren der Studie.

Die „switching population hypothesis“

Das Forschungsteam konnte nun zeigen, wie die Befehle auf neuronaler Ebene weitergegeben werden: Während der Bewegungsplanung kommunizieren Neuronen im prämotorischen Cortex sowohl mit hemmenden als auch mit erregenden Neuronen im primärmotorischen Cortex. Der

Befehl zur Bewegungsausführung kann erst erteilt werden, wenn sich die neuronale Aktivität im prämotorischen Cortex auf solche Neuronen verlagert hat, die hauptsächlich an erregende Neuronen im primärmotorischen Cortex kommunizieren. Erst dann kann ein externes Signal – im Experiment das Vibrieren des Schalters – die Bewegungsausführung veranlassen.

Die Annahme, dass dieses sich verschiebende Muster an neuronaler Aktivierung die gezielte Ausführung einer geplanten Bewegung ermöglicht, bezeichnet das Forschungsteam als „switching population hypothesis“. Die Forschenden schlagen vor, die beiden bisher vorherrschenden Hypothesen durch diese neue Hypothese abzulösen.

Interdisziplinäre Zusammenarbeit von Biologie, KI und Anatomie

Möglich wurden die Erkenntnisse durch die interdisziplinäre Zusammenarbeit am Zentrum BrainLinks-BrainTools der Universität Freiburg: Diesters Forschungsgruppe ist darauf spezialisiert, mithilfe von Lichtsignalen die Aktivität einzelner Neuronen zu beeinflussen und so herauszufinden, welche Funktion sie erfüllen. Ein KI-Modell unterstützte die Interpretation der gemessenen Aktivitätsmuster und ihrer Funktion für die Bewegungsplanung und -ausführung. Es wurde von Bödecker und seinem Team speziell für diese Studie entwickelt und ermöglichte die Vorhersage, welche Gruppen an Neuronen welchen Einfluss auf das Verhalten haben.

Zusätzlich wies Prof. Dr. Andreas Vlachos, Leiter der Abteilung für Neuroanatomie am Institut für Anatomie und Zellbiologie, mithilfe von Elektronenmikroskop-Aufnahmen die Verbindungen zwischen den Neuronen im prämotorischen Cortex und den hemmenden und erregenden Neuronen im primärmotorischen Cortex auf Zellebene nach. Dies stützt die „switching population hypothesis“ aus anatomischer Sicht.

Über BrainLinks-BrainTools

Das Forschungszentrum BrainLinks-BrainTools an der Universität Freiburg hat es sich zur Aufgabe gemacht, die Schnittstelle zwischen Gehirn und Technologie auf ein neues Niveau zu heben. Aus interdisziplinären Kooperationen entstehen Lösungen, die nicht nur die Grundlagenforschung voranbringen, sondern auch klinische Anwendungen ermöglichen – von der Therapie neurologischer Erkrankungen bis hin zur Entwicklung intelligenter Assistenzsysteme.

<https://uni-freiburg.de/brainlinks-braintools/>

Symposium zum Thema Bewegungsplanung am 15. und 16. Oktober

Zur Frage, wie zielgerichtete Bewegungen von Menschen und Tieren, aber auch von Robotern, durch Sinnesreize und sensorische Informationen ermöglicht werden, organisiert BrainLinks-BrainTools am 15. und 16. Oktober 2026 an der Universität Freiburg das „International Symposium on Sensorimotor Transformation“. Rund 200 Wissenschaftler*innen aus Neurowissenschaften, Neurotechnologie, Künstliche Intelligenz und Robotik werden erwartet.

<https://uni-freiburg.de/brainlinks-braintools/international-symposium-on-sensorimotor-transformation/>

Originalpublikation:

Alyahyay M, Ammer JJ, Kalweit G et al. (2026): Mechanisms of premotor-motor cortex interactions during movement initiation. Cell Reports, 45(6), 117542.

[https://www.cell.com/cell-reports/fulltext/S2211-1247\(26\)00620-0](https://www.cell.com/cell-reports/fulltext/S2211-1247(26)00620-0)

Weitere Informationen:

<https://uni-freiburg.de/vom-planen-zum-handeln-grundlegende-erkenntnisse-zur-bewegungsplanung-im-gehirn/>
<https://uni-freiburg.de/brainlinks-braintools/>
<https://uni-freiburg.de/brainlinks-braintools/international-symposium-on-sensorimotor-transformation/>