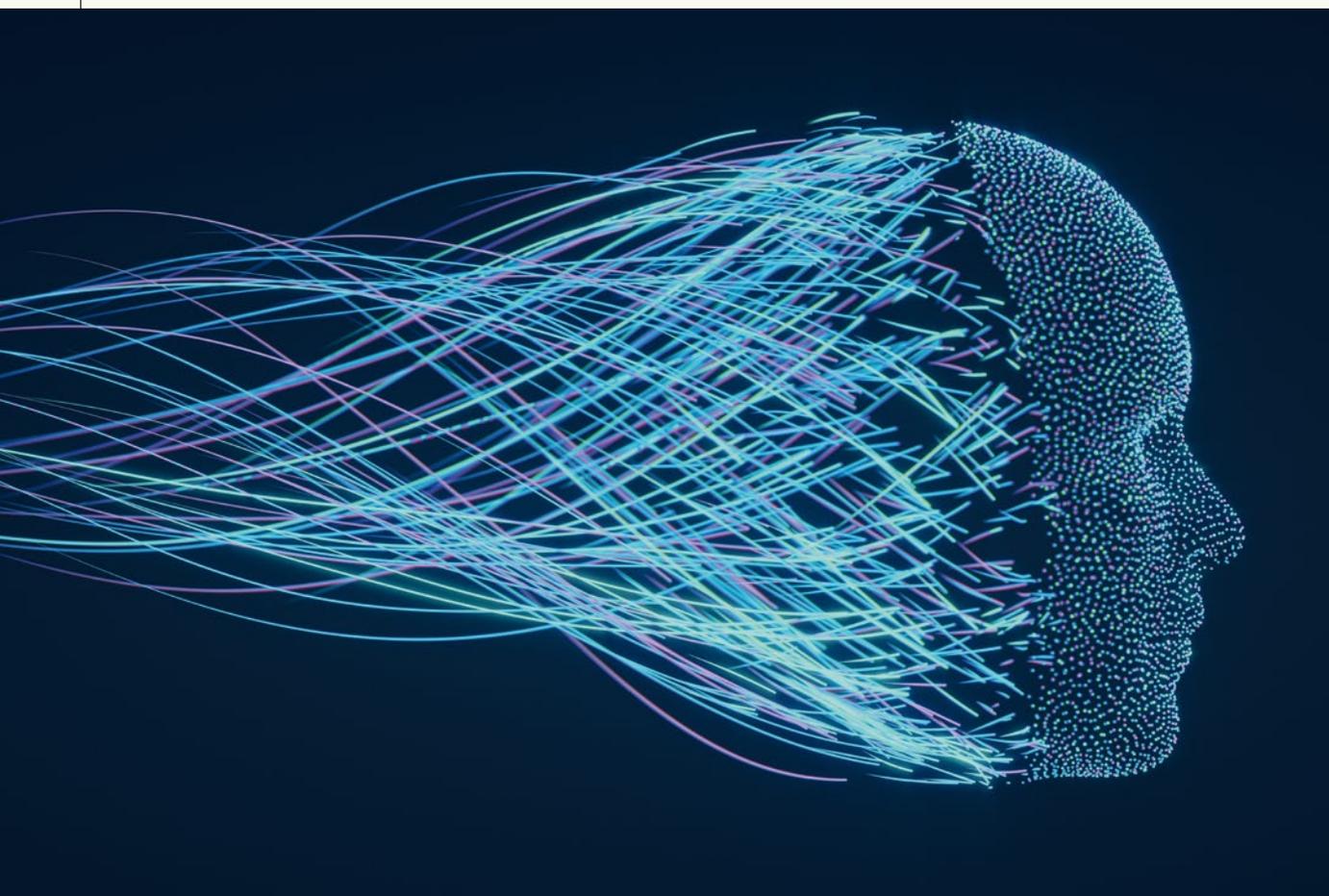


# Lassen sich eines Tages Gedanken »hochladen«?



IMAGINIMA / GETTY IMAGES / ISTOCK

Haben Sie auch eine Frage an unsere Experten? Dann schreiben Sie mit dem Betreff »Gute Frage« an: [gehirn-und-geist@spektrum.de](mailto:gehirn-und-geist@spektrum.de)



#### UNSER EXPERTE KENNT DIE ANTWORT:

Moritz Helmstaedter ist Direktor am Max-Planck-Institut für Hirnforschung in Frankfurt am Main und Professor für neuronale Netzwerke an der Radboud-Universität in Nimwegen.

Erinnern Sie sich an Ihre letzte Geburtstagsfeier? Die Anwesenden, die Speisen und Getränke und die Gespräche, die Sie führten? Diese und andere Gedächtnisinhalte speichert das Gehirn nach allem, was wir wissen, in den Synapsen, den Verbindungsstellen zwischen den Nervenzellen. Die prägendsten Erinnerungen landen dabei in der Hirnrinde, auch Kortex genannt, der nur drei bis vier Millimeter dicken, äußeren Schicht des Nervengewebes direkt unter unserer Schädeldecke.

Hier residieren bereits bei der Geburt rund 20 Milliarden Nervenzellen, die sich aufwändig miteinander vernetzen. Einige tausend andere Neurone kontaktiert die typische kortikale Nervenzelle mit ihren zirka 15 000 Synapsen. Auf diese Weise entsteht das komplexeste Netzwerk, von dem wir wissen.

Aber das heißt umgekehrt eben auch, dass eine Nervenzelle mit 99,99997 Prozent aller anderen Nervenzellen in der Hirnrinde gar keine direkte Verbindung aufbaut. Das Neuronennetzwerk, bestehend aus ungefähr 25 Billionen kortikalen Synapsen in unseren Köpfen, ist also nicht nur hochkomplex, sondern auch hochselektiv.

Welche dieser Synapsen speichern nun Ihre Geburtstagsfeier? Ist sie vielleicht in der Existenz oder in der Stärke von einigen tausend, einer Million oder etwa zehn Millionen Synapsen abgelegt? Und sind diese weit über das Gehirn verteilt oder liegen sie an einigen eng umschriebenen Orten? Ob Sie es glauben oder nicht: Wir wissen es nicht! Die vermeintlich simple Frage, wie viele Synapsen gebildet oder vernichtet oder in ihrer Stärke verändert werden müssen, um die Erinnerung an die eigenen Großeltern oder das Lieblingsbuch auf Dauer abzuspeichern, können wir noch nicht beantworten.

Wie aber – bei allem Optimismus – sollen dann Inhalte der Erinnerung ausgelesen oder sogar neue Informationen ins neuronale Netz des Gehirns eingeschrieben werden? Wie sähe ein solcher »Upload« in einer Sprache aus, von der wir noch nicht einmal die ungefähre Größe des Alphabets, die Leserichtung oder die Grammatik kennen?

Grobe Aktivitätsmuster können wir dem aktiven Nervenzellennetzwerk zwar durchaus schon entnehmen. Zum Beispiel wenn es darum geht, die Richtung einer geplanten Bewegung zu bestimmen, Signale zum Start oder Stopp von Roboteraktionen zu analysieren, oder

bei der Zielauswahl aus einigen vorgegebenen Möglichkeiten – solche pauschalen Entscheidungssignale sind heute bereits relativ sicher aus der Hirnaktivität auslesbar.

Für bestimmte Steuerungsbefehle lässt sich die Nervenzellaktivität sogar von künstlichen Systemen selbstständig erlernen, so dass ein eigens eingebrachtes Ausleseinstrument sie dann sehr effizient unterscheiden kann. Doch das sind sozusagen nur einzelne Wellen in einem riesigen Ozean. Bevor wir Speicherinhalte des Gehirns bearbeiten können, müssen wir erst einmal verstehen, wie diese abgelegt sind.

Hierfür gibt es viel versprechende Arbeiten aus dem Forschungsgebiet der »Connectomics«. Mit neuen Methoden der künstlichen Intelligenz und der dreidimensionalen Elektronenmikroskopie können wir heute Netzwerke von rund 100 Millionen Synapsen komplett vermessen und zumindest in kleineren Bereichen des Hirns erstmalig die Synapsen auffindig machen, die an der Informationsspeicherung beteiligt sind. Das sind zwar nur erste Schritte, aber mit weiter verbesserten Methoden sollten wir bald systematisch nach Netzwerkveränderungen suchen können, die bestimmten Lerninhalten entsprechen.

Up- und Download mentaler Inhalte sind dabei keineswegs das Ziel der Forschung. Vielmehr geht es darum, besser zu verstehen, wie bestimmte Hirnerkrankungen sich im neuronalen Netzwerk des Gehirns zeigen können und welche Verbesserungen künstliche Intelligenz bringen kann.

Dass eines fernen Tages konkrete Erinnerungsinhalte in lebende Gehirne eingeschrieben werden können, ist aus Sicht der Grundlagenforschung nicht mehr ganz auszuschließen. Würden wir dann selbst die langweiligste Familienfeier nachträglich zur gelungenen Party umcodieren? ★

#### QUELLEN

Gour, A. et al.: Postnatal connectomic development of inhibition in mouse barrel cortex. *Science* 371, 2021

Herculano-Houzel, S.: The human brain in numbers: A linearly scaled-up primate brain. *Frontiers in Human Neuroscience* 31, 2009

Motta, A. et al.: Dense connectomic reconstruction in layer 4 of the somatosensory cortex. *Science* 366, 2019