

WISSEN

Autobahn im Kopf

Wissenschaftler zeichnen eine Karte der Netzwerke im Gehirn.
Zwischenstand: Es gibt 2000 „Highways“ und 42.000 „Bundesstraßen“

NORBERT LOSSAU

Man kann es schon als wissenschaftlichen Großangriff bezeichnen, was die Hirnforscher rund um den Globus in den kommenden Jahren planen. Sie wollen das Geheimnis jenes überaus komplexen Organs lüften, dem wir letztlich all das verdanken, was uns zu Menschen macht – Denken, Fühlen, Lernen, Erinnern, Lieben, Bewusstsein. Am Ende steht sogar das Ziel, Maschinen mit der Leistungsfähigkeit von Gehirnen zu konstruieren.

Den Auftakt für eine neue Dekade der Hirnforschung gab im vergangenen Jahr die EU. Sie stellte die unglaubliche Summe von einer Milliarde Euro Forschungsmitteln in Aussicht, um menschliche Gehirne mithilfe von Supercomputern zu simulieren und damit deren Leistungsfähigkeit letztlich auf technische Systeme zu übertragen. Angesichts dieses überaus ehrgeizigen „Brain Project“ wollte man jenseits des Atlantiks nicht im Abseits stehen. US-Präsident Barack Obama brachte „the next great American project“: die „Brain Initiative“ mit einem nahezu ebenso hohen Fördervolumen auf den Weg.

Doch damit nicht genug. Auch Wissenschaftler in China, Japan und Israel sind in der Hirnforschung besonders aktiv. In Japan hat man sich etwa das Ziel gesetzt, das Gehirn von Primaten zu entschlüsseln, in Israel stehen neue Ansätze zur Therapie von neurologischen Erkrankungen im Vordergrund. In Jerusalem wird gerade ein neues Institut für Hirnforschung gebaut – das Edmond and Lily Safra Center for Brain Research auf dem Campus der Hebrew University. Die Fassade des Gebäudes hat Architekt Norman Foster einem Netzwerk aus Hirnzellen nachempfunden.

Auf dem „Berlin Brain Forum“ berichtete in der vergangenen Woche der renommierte israelische Hirnforscher Professor Idan Segev, der auch am europäischen „Brain Project“ beteiligt ist, von den großen Plänen in seiner Heimat. In drei Jahren soll das neue Institut mit 30 Labors fertiggestellt sein. Schon heute arbeiten an der Hebrew University rund 100 Wissenschaftler auf diesem Gebiet. „Wir erleben einen historischen Moment

der Hirnforschung“, sagte Segev und erklärte, was man von der Simulation eines menschlichen Gehirns im Computer lernen könne. Segev hofft mithilfe solcher Modelle, neurologische Erkrankungen wie Parkinson, Epilepsie und vielleicht sogar Alzheimer besser verstehen und damit auch therapieren zu können. Bei Parkinson sei offensichtlich, dass in den Gehirnen dieser Patienten Nervensignale falsch codiert werden.

Segev selbst erforscht die „elektrische Sprache des Gehirns“. Jeder Zelltyp habe eine eigene Charakteristik der elektrischen Aktivität, erklärt er und vergleicht dies mit verschiedenen Musikinstrumenten, die zusammenspielen. Seine mathematischen Modelle beschreiben diese sehr unterschiedlichen Schwingungen. Theorie und Experiment passen dabei offenbar gut zusammen, wie Segev mit bunten, sich aneinander anschmiegenden Kurven belegt. „Verstehen heißt modellieren können“, sagt Segev. Doch die elektrischen Signale zwischen den Nervenzellen, die sie über sogenannte Synapsen austauschen, sind nur ein Teil des Systems. Um das Gehirn als Ganzes zu „verstehen“, ist weit mehr nötig. Es beginnt mit der zellulären Ebene und den sich in einer einzigen Nervenzelle abspielenden biochemischen Prozessen. In jedem Neuron interagieren 500.000 verschiedene Biomoleküle.

Dann gibt es die Netzwerkebene: In jedem Kubikmillimeter Gehirn befinden sich rund 10.000 Zellen mit etwas 100 Millionen Synapsen. Die genaue Struktur dieses neuronalen Netzwerkes ist in jedem Areal des Gehirns anders. Und erst die Summe der vielen Netzwerke und deren Zusammenspiel ergibt dann schließlich ein Gehirn mit seinen fantastischen Möglichkeiten. Moritz Helmstaedter vom Max-Planck-Institut für Neurobiologie in Martinsried bezeichnet die Erforschung dieser Strukturen als „Connectomics“. Sein Ziel ist gleichsam eine „Straßenkarte des menschlichen Gehirns“. Gerade hier haben neue Technologien in den vergangenen Jahren große Fortschritte ermöglicht. Eine Möglichkeit besteht darin, im Labor Hirngewebe Scheibchen für Scheibchen mit einem Elektronenmikroskop aufzunehmen und daraus ein räumliches Bild zusammenzusetzen. Einen Durchbruch gab es im Jahr 2013, als Forscher um Kwanghun

Chung von der Stanford University in der Fachzeitschrift „Nature“ eine neue 3-D-Methode zur Darstellung von Nervennetzwerken präsentierten, die sie „Clarity“ nannten. Damit wird deren Kartierung künftig sehr viel einfacher und präziser möglich sein. Das ist eine wichtige Voraussetzung für das große Ziel – die Simulation des gesamten Gehirns. Die bisherige Kartierung hat ergeben, dass es rund 2000 „Highways“ und 42.000 „Bundesstraßen“ im Gehirn gibt.

Die neuen Beobachtungsmethoden erlauben auch, zeitliche Prozesse im Gehirn abzubilden. Die ohnehin komplexe Struktur eines Hirns ist ja keinesfalls unveränderlich. Ständig werden neue Verschaltungen der Nervenzellen gebildet, neuronale Stammzellen ins Netz integriert und gleichsam angelernt. Helms-taedter verwendet gar den Begriff der „tanzenden Neuronen“, die sich im Netz ständig verändern und eine hohe Dynamik zeigen. All dies macht natürlich die angestrebte Simulation aller Aspekte eines Gehirns noch schwieriger. Mit den heute verfügbaren Supercomputern können schon heute rund 100 Millionen Neuronen und ihre Verbindungen nachempfunden werden. Ein solches Nervennetz entspricht ungefähr der Größe eines Mausgehirns. Bis zu einem menschlichen Gehirn mit seinen 100 Milliarden Neuronen und tausend mal mehr Synapsen ist es also noch ein sehr weiter Weg.

Der größte Teil der gigantischen Fördersummen, betont Segev, fließt in die Entwicklung von leistungsfähigeren Supercomputern. Wenn mit ihrer Hilfe die Simulation des menschlichen Gehirns gelingen sollte, könnten davon am Ende nicht nur die Medizin profitieren, sondern auch die Computertechnik. Ein menschliches Gehirn hat bei einer Leistungsaufnahme von nur 20 Watt eine Rechenleistung im Petaflop-Bereich. Segev glaubt: Dank Hirnforschung dürfte sich die Leistungsfähigkeit der Supercomputer noch einmal um einen Faktor 20.000 steigern lassen.

Eine Simulation der Hirnfunktionen am Computer könnte auch den Rechnern auf die Sprünge helfen