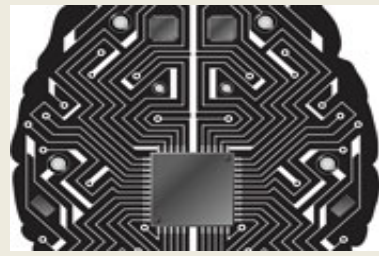


Aus der aktuellen Ausgabe

KÜNSTLICHER GRIPS



Forscher bauen das Gehirn aus elektronischen Bauteilen nach, um Computern das Denken beizubringen und das Hirn besser zu verstehen

Von Joachim Laukenmann

Ob das künstliche Bienenhirn Gedanken hervorbringt, sei dahingestellt. Was es auf jeden Fall kann, ist riechen. Es besteht aus einem Silizium-Chip und beinhaltet ein paar Hundert Hirnzellen (Neuronen), die mithilfe von Transistoren, Widerständen, Kondensatoren und anderen elektronischen Bauteilen nachgebildet sind.

Entwickelt hat es Karlheinz Meier, Professor für Physik an der Uni Heidelberg. Zusammen mit dem Neurobiologen Michael Schmucker von der Freien Universität Berlin verknüpfte Meier die Neuronen mit rund 50 000 künstlichen Synapsen, und zwar entsprechend dem Bauplan des echten Bienenhirns. Es hat sich gezeigt, dass das winzige Siliziumhirn dem auf Dufterkennung spezialisierten und weit grösseren Vorbild in nichts nachsteht. Es kann Düfte sogar erheblich schneller erkennen als das Insektenhirn.

Meier ist einer von zahlreichen Forschern, die Computerchips nach dem Vorbild des Gehirns entwickeln. Das «Bienenhirn» ist dabei erst der Anfang. Derzeit nimmt Meier ein Computerhirn mit 200 000 Neuronen in Betrieb. Im Rahmen des an der ETH Lausanne angesiedelten «Human Brain Project» baut er in den kommenden 18 Monaten eines mit rund vier Millionen Neuronen, was etwa der Anzahl grauer Zellen eines kleinen Frosches entspricht. Und innerhalb von zehn Jahren soll ein künstliches Denkorgan entstehen, das dem menschlichen schon sehr nahekommt. Der Grund: «Kein Computer arbeitet so effizient wie unser Hirn», sagt Meier.

Ein neues Zeitalter beginnt: Computer lernen zu denken

Auch an der ETH und der Universität Zürich tüftelt ein Team aus Hirnforschern, Physikern und Elektrotechnikern an einem dem Hirn nachempfundenen Chip. Kürzlich zeigten Wissenschaftler um Rodney Douglas und Giacomo Indiveri vom Institut für Neuroinformatik in einer Studie, wie selbst komplexe kognitive Fähigkeiten in künstliche Gehirne eingebaut werden können, etwa die visuelle Wahrnehmung sich bewegender Objekte.

Das IT-Unternehmen IBM hat diese Woche auf der «International Joint Conference on Neural Networks» in Texas nichts weniger als eine neue Computer-Ära ausgerufen. So wie 1946 der erste elektronische Computer namens Eniac das Aufkommen von programmierbaren Computern markierte, beginne nun das Zeitalter des «kognitiven» oder «neuromorphen» Rechnens. «Vom Hirn inspirierte Computer erweitern die Grenzen dessen, was Computer effizient leisten können, grundlegend», sagt Dharmendra Modha, Leiter der Abteilung Cognitive Computing am IBM-Forschungszentrum Almaden in San Jose, USA.

Im Projekt Synapse möchte IBM ein kognitives Computersystem bauen, bestehend aus 100 Milliarden Neuronen und 10 000 Milliarden Synapsen. Die gesamte Grundlage für dieses Projekt - von elementaren Bausteinen aus 256 Neuronen über eine Architektur zum Bau komplexer Computerhirne bis zu einer auf das kognitive Computing zugeschnittenen Programmiersprache - hat IBM nun in Texas präsentiert.

Computer braucht viel mehr Energie als menschliches Hirn

Zwar ist schon ein simpler Taschenrechner unserem Hirn bei der Multiplikation grosser Zahlen haushoch überlegen. Auch kann ein Computer komplizierte Differenzialgleichungen weit besser lösen als selbst der begnadetste Kopfrechner. «Auch meine Banküberweisungen werde ich weiterhin dem klassischen Computer überlassen», sagt ETH-Forscher Indiveri.

Dennoch hat unser Hirn erhebliche Vorteile gegenüber Computern, etwa bei der Erkennung von Gesichtern, Gerüchen und Tönen und wenn es darum geht, die Wahrnehmung unserer Umgebung augenblicklich in einen sinnvollen Zusammenhang zu stellen. Zudem vereinigt das Gehirn eine beachtliche Rechenleistung auf die Grösse einer 1,5-Liter-Flasche, während Supercomputer ganze Säle ausfüllen.

Ein weiterer Vorteil: Im Gegensatz zu einem Prozessor ist das Gehirn sehr fehlertolerant. «Selbst wenn es 10 bis 20 Prozent seiner

Ressourcen verliert, kann es noch funktionieren», sagt Meier.

Und vor allem: Unser Hirn läuft nicht heiss, selbst wenn wir noch so grübeln. Um den Energiebedarf der grauen Zellen zu decken, reicht täglich ein Cervelat, während ein Supercomputer, mit dem man das Gehirn simuliert, täglich etwa den Energiegehalt von 5000 bis 10 000 Cervelats verschlingt und dabei erst noch 100- bis 1000-mal langsamer ist als das biologische Pendant. Dabei läuft das Hirn im Vergleich mit einem modernen Prozessor eigentlich im Schneckentempo. Doch das machen die Neuronen wett, indem sie hochgradig parallel agieren.

Offenbar ist das Hirn in der Lage, in den riesigen Datenmengen, die unsere Sinnesorgane von der Umgebung liefern, sinnvolle Zusammenhänge zu erkennen. «Auch unsere moderne Gesellschaft hat es mit gewaltigen, ungeordneten Datenbergen zu tun», sagt Meier. Immer mehr Sensoren, Kameras und Mikrofone werden rund um die Erde verteilt. Immer mehr Daten aus Wirtschaft und Forschung lagern auf gigantischen Servern. Etwa alle zwei Jahre verdoppelt sich das weltweite Datenvolumen. «Wenn es darum geht, Korrelationen in solchen Daten zu finden, sollten neuromorphe Systeme um Grössenordnungen schneller und energetisch sparsamer sein als heutige Computer», sagt Meier.

Zwar birgt das menschliche Gehirn noch viele Geheimnisse. «Wir wissen jedoch genug, um uns vom Hirn inspirieren zu lassen und eine völlig neue Computerarchitektur zu bauen», sagt IBM-Forscher Modha. Auf dem Weg, diese neuen, kognitiven Computer zu entwickeln, könne man viel über die Funktion des biologischen Gehirns lernen. Laut Indiveri genügen dafür schon recht kleine Hirne: «Wir glauben nicht, dass man nur mit Millionen oder Milliarden künstlicher Neuronen Fortschritte beim Verständnis des Gehirns erzielen kann.»

Statt mit Algorithmen wie bei einem klassischen Computer füttert eine Software das Computerhirn mit einer Anleitung, wie welches Neuron über Synapsen mit welchen anderen Neuronen zu verknüpfen ist und wie stark diese Verbindungen sind. Den Input dafür liefern Neuroforscher, die Gehirne von Tieren quasi Neuron für Neuron unter dem Mikroskop analysieren und die synaptischen Verbindungen offenlegen. Stimmen die Verknüpfungen, sollte das synthetische Gehirn auf einen Input wie das reale Vorbild reagieren, indem gewisse Neuronen zugleich «feuern».

Jede Forschergruppe hat ihr eigenes Rezept, um die künstlichen Hirnzellen zu realisieren. Die Forscher um Indiveri verfolgen, wenn man so will, den Hardcoreansatz. Sie fertigen alle Komponenten - Zellkörper, Axone, Synapsen - aus analogen elektronischen Bauteilen und sind damit nahe am biologischen Vorbild. IBM setzt auf das andere Extrem und verwendet Millionen winziger und billiger Prozessoren, um damit die zahllosen Neuronen digital zu repräsentieren. Meiers Ansatz liegt irgendwo dazwischen. er kombiniert das Beste der beiden Welten.

Künstliche Gehirne für konkrete Anwendungen nutzen

Allen gemeinsam ist das Ziel, ihre künstlichen Gehirne für konkrete Anwendungen zu nutzen. Auf dem Regal in Indiveris Labor stehen «künstliche Augen», sogenannte Retina-Chips, mit kleinem Objektiv als Linse, die an einen neuromorphen Chip gekoppelt sind. Fährt man mit dem Finger vor einem Retina-Chip vorbei, blinken sofort gewisse Dioden auf und deuten an: Ich habe eine Bewegung von rechts nach links erkannt. Solche mit Sensoren kombinierte neuronalen Chips könnten laut Indiveri zum Beispiel erkennen, wer einen Raum betritt. Oder sie könnten einem Roboter Augenlicht verleihen.

Demonstriert hat IBM bereits, dass ihr Computerhirn Stimmen, Musik und Zahlen erkennt sowie Menschen anhand der Augen identifizieren kann. Es taugt für die Kollisionsvermeidung auf der Strasse und navigiert ein virtuelles Roboterauto in einer unbekanntem, virtuellen Umgebung. Rund 150 solche Fähigkeiten hat IBM schon programmiert.

Meier möchte nicht nur den Geruchssinn der Biene kopieren. Ihm geht es darum, ein leistungsfähiges neuromorphes System zu bauen, mit dem Neurowissenschaftler ihre Modelle von der Wahrnehmung und der Lernfähigkeit überprüfen können. Daher lässt er sein Computerhirn 10 000-mal schneller ticken als das menschliche. «Nur so ist es möglich», sagt Meier, «Entwicklungsprozesse des Gehirns zu untersuchen, die in Realität viele Jahre brauchen.»

Publiziert am 11.08.2013