



Pressemitteilung

Software optimiert Simulationen des Gehirns

Forschungsteam der Universität Tübingen entwickelt Denkmodelle mithilfe künstlicher Intelligenz

Christfried Dornis
Leitung

Michael Pfeiffer
Pressereferent

Telefon +49 7071 29-76782
michael.pfeiffer[at]uni-tuebingen.de

presse[at]uni-tuebingen.de
www.uni-tuebingen.de/aktuell

Tübingen, den 13.11.2025

Eine neue Software ermöglicht Gehirnsimulationen, die sowohl detailliert die Prozesse im Gehirn imitieren als auch anspruchsvolle kognitive Aufgaben lösen können. Entwickelt wurde das Programm von einem Forschungsteam am Exzellenzcluster „Maschinelles Lernen: Neue Perspektiven für die Wissenschaft“ der Universität Tübingen. Die Software bildet damit die Grundlage für eine neue Generation von Gehirnsimulationen, die tiefere Einblicke in die Funktionsweise und Leistungsfähigkeit des Gehirns ermöglichen. Die Arbeit der Tübinger Forschenden wurde in der Fachzeitschrift *Nature Methods* veröffentlicht.

Seit Jahrzehnten versuchen Forschende, Computermodelle von Gehirnen zu erstellen, um das Organ des zentralen Nervensystems und die darin ablaufenden Prozesse besser zu verstehen. Mithilfe mathematischer Methoden simulieren sie das Verhalten von Nervenzellen und ihrer Verbindungen untereinander. Bisherige Modelle haben jedoch erhebliche Schwächen: Sie basieren entweder auf zu stark vereinfachten Neuronenmodellen und weichen damit deutlich von der biologischen Realität ab, oder sie bilden die biophysikalischen Prozesse innerhalb von Zellen detailliert ab, sind aber nicht in der Lage, ähnliche Aufgaben wie das Gehirn zu erfüllen. „Entweder der Weg ist ähnlich wie im Gehirn, aber das Ergebnis nicht, oder das Ergebnis stimmt, aber der Prozess dahin ist nicht vergleichbar mit den Prozessen im Gehirn“, erklärt Michael Deistler, der Erstautor der Studie und Wissenschaftler in der Arbeitsgruppe von Professor Jakob Macke. Jaxley, so der Name des neuen Programms, erlaubt es, Gehirnmodelle so zu trainieren, dass beides gegeben ist – ein wichtiger Schritt, um aus dem Modell Rückschlüsse auf die tatsächlichen Prozesse im Gehirn ziehen zu können.

Möglich macht das eine Methode, die auch benutzt wird, um künstliche neuronale Netze zu trainieren: die sogenannte Backpropagation of error. Mit Hilfe von Backpropagation stellt ein künstliches neuronales Netzwerk während des Trainings seine Parameter so ein, dass es von einem

vorgegebenen Input zu einem gewünschten Output kommt. Das Netzwerk verändert sich so lange selbst, bis es die gewünschte Aufgabe zuverlässig erfüllt. Dadurch lernt das Netz, welche Merkmale und Zusammenhänge in den Daten für einen bestimmten Prozess wichtig sind, sodass es auch bei neuen, ähnlichen Beispielen die richtigen Ergebnisse liefert. Dieses Trainingsprinzip haben die Tübinger Forschenden auf die Gehirnsimulation übertragen.

Detaillierte Gehirnmodelle führen anspruchsvolle Aufgaben aus

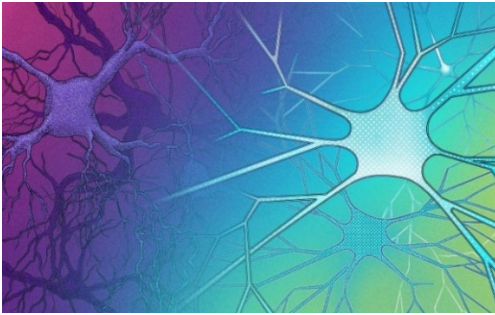
Wenn das Gehirn eine Aufgabe löst, werden in den beteiligten Neuronen Hunderte Parameter wichtig. Es geht dann etwa um die Größe der Neuronen, die Stärke der Verbindungen oder die Anzahl der Ionenkanäle. „Viele dieser Parameter können wir nicht messen. Das hat es bisher unmöglich gemacht hat, exakte Simulationen zu entwickeln, die zu guten Ergebnissen kommen“, sagt Deistler. „Jaxley kann diese nicht messbaren Parameter in Gehirnmodellen trainieren. Die Software verändert deren Werte immer wieder, justiert immer wieder nach, bis die Simulation beim gewünschten Ergebnis ankommt.“ Die so entstandenen Gehirnmodelle waren nach dem Training zum Beispiel imstande, Bilder zu klassifizieren oder Erinnerungen zu speichern und abzurufen.

„Dank Jaxley können wir jetzt untersuchen, wie neuronale Mechanismen zur Lösung von Aufgaben beitragen“, sagt Jakob Macke, Professor für Maschinelles Lernen in der Wissenschaft an der Universität Tübingen und Letztautor der Studie. „Die Software wird es Neurowissenschaftlerinnen und -wissenschaftlern erlauben, die Komplexität des Gehirns zu erforschen und es in Computersimulationen abzubilden.“ Langfristig könnten solche Simulationen auch in der Medizin Anwendung finden, etwa um neurologische Erkrankungen besser zu verstehen oder die Wirkung von Medikamenten vorab virtuell zu untersuchen.

Die Rektorin der Universität Tübingen Professorin Dr. Dr. h.c. (Dōshisha) Karla Pollmann sagt: „Diese Arbeit zeigt eindrucksvoll, wie maschinelles Lernen andere Wissenschaftszweige bereichern kann: Künstliche Intelligenz ist eine Schlüsseltechnologie, die neue Horizonte für die Grundlagenforschung eröffnet.“

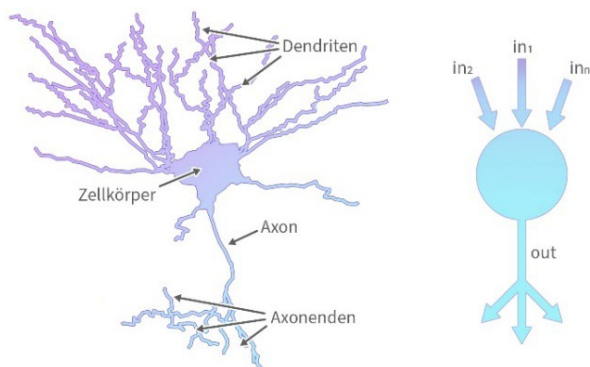
Publikation:

Michael Deistler, Kyra L. Kadhim, Matthijs Pals, Jonas Beck, Ziwei Huang, Manuel Gloeckler, Janne K. Lappalainen, Cornelius Schröder, Philipp Berens, Pedro J. Gonçalves, Jakob H. Macke: Jaxley: Differentiable simulation enables large-scale training of detailed biophysical models of neural dynamics, Nature Methods, 2025. <https://doi.org/10.1038/s41592-025-02895-w>



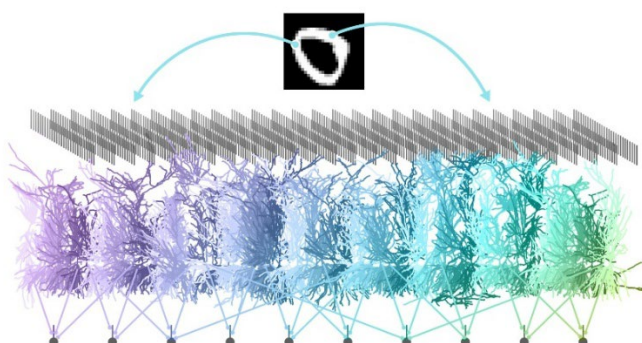
Künstliche neuronale Netze (rechts im Bild) ahmen echte Netzwerke aus Nervenzellen (links im Bild) nach.

Abbildung: Franz-Georg Stämmele



Die Signalverarbeitung in Nervenzellen ist komplex: Dendriten nehmen Signale auf und leiten sie an den Zellkörper weiter. Das dort ausgelöste Aktionspotenzial gelangt über das Axon zu den Axonenden, wo es an andere Zellen weitergegeben wird (links). KI-Modelle, auf denen bisherige Gehirnsimulationen oftmals beruhen, vereinfachen diese Prozesse stark (rechts), so dass sie oft keine Rückschlüsse mehr auf die Funktionalität der Zellen im Gehirn zulassen.

Abbildung: Franz-Georg Stämmele



Eine Gehirnsimulation klassifiziert eine Ziffer, hier eine Null. Dafür werden Pixelwerte als Input in das Netz eingespeist (hier zwei Werte, illustriert anhand blauer Pfeile) und in mehreren Layern schrittweise verarbeitet, bis am Ende die Ziffer korrekt identifiziert wird. Jedes Layer besteht aus Dutzenden künstlicher Neuronen. Jaxley ermöglicht es, diese Neuronen realistisch zu simulieren und die Aufgabe gleichzeitig zu lösen.

Abbildung: Michael Deistler/Franz-Georg Stämmele

Kontakt:

Prof. Dr. Jakob Macke

Universität Tübingen

Exzellenzcluster „Maschinelles Lernen: Neue Perspektiven für die Wissenschaft“

jakob.macke@uni-tuebingen.de

Michael Deistler

Universität Tübingen

Exzellenzcluster „Maschinelles Lernen: Neue Perspektiven für die Wissenschaft“

michael.deistler@uni-tuebingen.de