

Spezialhardware für künstliche Intelligenz

In den letzten Jahren hat das Interesse an speziell für Anwendungen der künstlichen Intelligenz (KI) konzipierter Computerhardware merklich zugenommen, was sich unter anderem an der deutlich gestiegenen Anzahl von relevanten Publikationen zeigt. Sie soll KI-Verfahren beschleunigen (daher der ebenfalls verwendete Begriff KI-Beschleuniger), ermöglicht im Vergleich zu herkömmlicher Computerhardware aber auch kompaktere und energieeffizientere Systeme. Darüber hinaus bietet KI-Spezialhardware das Potenzial für erhebliche generelle Fortschritte im KI-Bereich, die den Unterschied zwischen künstlicher und menschlicher Intelligenz weiter verringern könnten. Wichtige aktuelle Ansätze für KI-Spezialhardware sind Spezialhardware für Deep Learning, neuromorphe Hardware und in gewisser Weise auch Quantencomputer. Erste kommerzielle Einsätze gibt es heute bereits für das Deep Learning.

Verfahren des Deep Learning sind ganz wesentlich verantwortlich für die derzeitigen Fortschritte im KI-Bereich. Diese Fortschritte sind ein wichtiger Grund für das große aktuelle Interesse an entsprechender KI-Spezialhardware. Deep Learning basiert auf künstlichen neuronalen Netzwerken (KNN). KNN sind in einem gewissen Maße durch den Aufbau des Gehirns inspiriert und bestehen aus einem Netzwerk aus künstlichen Neuronen, die in unterschiedlichen Schichten angeordnet sind. Deep Learning verwendet dabei KNN mit vielen Schichten von Neuronen. Die für Deep Learning erforderlichen Berechnungen lassen sich sehr gut parallelisieren, d. h. in voneinander unabhängige Teilberechnungen aufteilen, die dann gleichzeitig ausgeführt werden können. Daher werden hierfür aufgrund ihrer Spezialisierung auf derartige parallele Berechnungen häufig Grafikprozessoren verwendet. Allerdings sind mit Hilfe von Spezialhardware für Deep Learning Leistungssteigerungen gegenüber Grafikprozessoren erzielbar, da die entsprechenden Schaltkreise noch stärker auf diese Anwendung ausgerichtet sind.

Neuromorphe Hardware geht gewissermaßen noch einen Schritt weiter als Spezialhardware für Deep Learning, da sie üblicherweise darauf abzielt, das Gehirn realistischer nachzubilden als dies bei Deep Learning der Fall ist. Eine wichtige Motivation für neuromorphe Hardware stellt die hohe Energieeffizienz des menschlichen Gehirns dar, das trotz seiner herausragenden kognitiven Fähigkeiten nur einen Energieverbrauch von ungefähr 20 Watt hat. Die Basis von neuromorpher Hardware bilden üblicherweise sogenannte Spiking Neural Networks (SNN). Diese werden auch als KNN der dritten Generation bezeichnet, während Deep Learning auf KNN der zweiten Generation basiert. Im Vergleich zu den bei Deep Learning eingesetzten KNN sind SNN biologisch realistischer, da sie den Informationsaustausch zwischen den Neuronen im Gehirn auf der Grundlage von elektrischen Impulsen, die Aktionspotentiale oder Spikes genannt werden, nachbilden. Diese im Vergleich zu Deep Learning realistischere Nachbildung stellt einen möglichen Ansatz dar, um Verbesserungen gegenüber Deep Learning zu erzielen, z. B. einen geringeren Energieverbrauch.

Quantencomputer lassen sich ebenfalls als eine Art von Spezialhardware für KI betrachten, da mit ihrer Hilfe im KI-Bereich Geschwindigkeitsvorteile gegenüber klassischen Computern erzielt werden könnten. Die Grundlage hierfür bildet ihre Informationsverarbeitung auf der Basis von quantenphysikalischen Phänomenen, die anstatt klassischer Bits sogenannte Quantenbits (Qubits) verwendet. Während ein klassisches Bit zu jedem Zeitpunkt entweder den Wert Null oder Eins hat, kann ein Qubit gemäß der Quantenphysik beide Zustände gleichzeitig annehmen. Qubits lassen sich physikalisch u. a. auf der Basis von geladenen Atomen (Ionen), neutralen Atomen, Photonen oder auf der Grundlage der Supraleitung realisieren.

Ein Einsatz von KI-Spezialhardware kann z. B. im Rahmen des Cloud Computing, also der Bereitstellung von IT-Ressourcen im Internet, erfolgen, um umfangreiche Bild- und Nutzern auszuwerten oder um-

fassende Spracherkennungsdienstleistungen anzubieten. Eine wichtige potenzielle Anwendung ist außerdem das Internet der Dinge. Hierunter wird die Ausstattung von physischen Objekten, etwa am Körper getragenen IT-Geräten (Wearables) oder Haushaltsgeräten, mit Computertechnologie und ihre Vernetzung untereinander verstanden, wobei vielfach auch Sensoren zum Einsatz kommen. Ein Beispiel hierfür stellen intelligente Umgebungen wie Smart Homes oder Smart Factories dar. Weitere mögliche Anwendungsgebiete sind u. a. die Videoüberwachung sowie autonome Fahrzeuge und die Robotik. Darüber hinaus ist ein Einsatz im Rahmen von Virtual Reality (VR) und Augmented Reality (AR) von Interesse, z. B. für die Erkennung von Objekten. Während sich der Benutzer bei VR in einer vollständig virtuellen Umgebung aufhält, agiert der Benutzer bei AR in der um virtuelle Elemente erweiterten realen Welt. KI-Spezialhardware kann auch im medizinischen Sektor genutzt werden, etwa für die Auswertung von umfangreichen medizinischen Daten oder die Arzneimittelforschung.

In allen hier genannten Bereichen von KI-Spezialhardware existiert bereits entsprechende Hardware. Erste Varianten von Spezialhardware für Deep Learning werden dabei schon kommerziell eingesetzt. Dagegen befinden sich neuromorphe Hardware und der Einsatz von Quantencomputern im KI-Bereich noch im Forschungsstadium. Die Forschung auf dem Gebiet der Quantencomputer ist jedoch im Vergleich zu den Anstrengungen bei neuromorpher Hardware erheblich weniger weit fortgeschritten. Spezialhardware für Deep Learning und neuromorphe Hardware werden zukünftig vermutlich häufig in Form von entsprechenden Funktionsblöcken realisiert werden, die zusammen mit anderen Funktionsblöcken, wie einer CPU, in einen gemeinsamen Mikrochip integriert sind. Als führende Ansätze zur Realisierung von Quantencomputern gelten derzeit üblicherweise Systeme auf der Grundlage von supraleitenden Qubits und auf der Basis von Ionen.

Dr. Klaus Ruhlig