

Auf dem Quantensprung

Dieser Artikel gibt den Stand zum Zeitpunkt seiner Veröffentlichung wieder. Der Inhalt kann inzwischen veraltet sein.

22/04/2022 Immer mehr Fahrzeugfunktionen basieren auf Künstlicher Intelligenz. Herkömmliche Prozessoren und Grafikchips stoßen bei den Berechnungen Neuronaler Netze zunehmend an ihre Grenzen. Porsche Engineering berichtet über neue Technologien, die KI-Berechnungen in Zukunft beschleunigen sollen.

Ku□nstliche Intelligenz (KI) ist eine Schlu□sseltechnologie fu□r die Automobilbranche – entsprechend wichtig ist schnelle Hardware fu□r die aufwendigen Backend-Berechnungen, die damit verbunden sind. Denn nur mit Hochleistungscomputern lassen sich neue Funktionen ku□nftig in Serie bringen. „Autonomes Fahren geho□rt zu den anspruchsvollsten KI-Anwendungen u□berhaupt", erkla□rt Dr. Joachim Schaper, Leiter Fachdisziplin KI und Big Data bei Porsche Engineering. „Die Algorithmen lernen anhand sehr vieler Beispiele, die Testfahrzeuge zuvor per Kamera, Radar oder anderen Sensoren im realen Verkehr gesammelt haben."

Herko□mmliche Rechenzentren sind den wachsenden Anforderungen immer weniger gewachsen.

„Inzwischen dauert es Tage, um eine einzige Variante eines Neuronalen Netzes zu trainieren“, erkla□rt Schaper. Fu□r ihn steht darum fest: Die Automobilhersteller brauchen neue Technologien fu□r KI-Berechnungen, mit deren Hilfe die Algorithmen sehr viel schneller lernen ko□nnen. Um das zu erreichen, mu□ssen mo□glichst viele Vektor-Matrix-Multiplikationen in den komplexen Neuronalen Netzen (englisch Deep Neural Networks, kurz DNN) parallel ausgefu□hrt werden – eine Aufgabe, auf die Grafikprozessoren (GPUs) spezialisiert sind. Ohne sie wa□ren die erstaunlichen Fortschritte der KI in den letzten Jahren nicht mo□glich gewesen.

50-mal so groß wie ein Grafikprozessor

Allerdings wurden Grafikkarten urspru□nglich nicht fu□r den KI-Einsatz entworfen, sondern um Bilddaten mo□glichst effizient zu verarbeiten. Sie stoßen darum beispielsweise beim Training von Algorithmen fu□r das autonome Fahren zunehmend an ihre Grenzen. Fu□r noch schnellere Berechnungen ist deshalb auf KI spezialisierte Hardware erforderlich. Eine mo□gliche Lo□sung hat die kalifornische Firma Cerebras pra□sentiert. Ihre „Wafer Scale Engine“ (WSE) ist optimal auf die Anforderungen Neuronaler Netze zugeschnitten, indem sie mo□glichst viel Rechenkraft auf einem riesigen Computerchip vereint. Er ist mehr als 50-mal so groß wie ein normaler Grafikprozessor und bietet Platz fu□r 850.000 Rechenkerne – u□ber 100-mal so viele wie auf einem aktuellen Top-GPU.

Außerdem haben die Cerebras-Ingenieure die Rechenkerne untereinander mit Datenleitungen hoher Bandbreite vernetzt: Laut Hersteller transportiert das Netzwerk auf der Wafer Scale Engine 220 Petabit pro Sekunde. Auch den Flaschenhals innerhalb der GPUs hat Cerebras aufgeweitet: Zwischen Arbeitsspeicher und Rechenwerk reisen die Daten fast 10.000-mal schneller als in leistungsstarken GPUs – mit 20 Petabyte pro Sekunde.

Um noch mehr Zeit zu sparen, imitiert Cerebras einen Trick des Gehirns. Dort arbeiten Neuronen nur, wenn sie von anderen Neuronen Signale bekommen. Die vielen gerade inaktiven Verbindungen brauchen keine Ressourcen. In DNNs hingegen kommt es ha□ufig vor, dass bei Vektor-Matrix-Multiplikation mit der Zahl Null multipliziert wird. Das kostet unno□tig Zeit. Die Wafer Scale Engine unterla□sst es deshalb. „Alle Nullen werden herausgefiltert“, schreibt Cerebras in seinem Whitepaper zur WSE. Der Chip fu□hrt also nur Operationen aus, die ein von null verschiedenes Ergebnis liefern.

Ein Nachteil des Chips ist sein hoher Bedarf an elektrischer Leistung von 23 kW. Das macht eine Wasserku□hlung erforderlich. Cerebras hat darum ein eigenes Server-Geha□use fu□r den Einsatz in Rechenzentren entwickelt. In den Datenzentren einiger Forschungsinstitute wird die Wafer Scale Engine bereits getestet. Der Riesenchip aus Kalifornien ko□nnte auch die Automobilentwicklung beschleunigen, glaubt Experte Schaper. „Mit ihm ließe sich theoretisch eine Woche Training auf nur wenige Stunden reduzieren“, scha□tzt er. „Das muss die Technik in Praxistests jedoch erst noch unter Beweis stellen.“

Licht statt Elektronen

So ungewo☒hnlich der neue Chip auch ist: Wie seine konventionellen Vorga☒nger arbeitet auch er mit herko☒mmlichen Transistoren. Unternehmen wie Lightelligence und Lightmatter aus Boston wollen statt der vergleichsweise langsamen Elektronik das viel schnellere Licht fu☒r KI-Berechnungen nutzen und bauen dafu☒r optische Chips. DNNs ko☒nnten damit „mindestens einige hundert Mal schneller arbeiten als elektronische“, schreiben Entwickler von Lightelligence.

Dafu☒r nutzen Lightelligence und Lightmatter das Pha☒nomen der Interferenz. Wenn sich Lichtwellen gegenseitig versta☒rken oder auslo☒schen, bilden sie ein Hell-Dunkel-Muster. Lenkt man die Interferenz auf eine bestimmte Weise, entspricht das neue Muster der Vektor-Matrix-Multiplikation des alten Musters. Die Lichtwellen ko☒nnen also „rechnen“. Um das praktisch umzusetzen, haben die Bostoner Entwickler winzige Lichtleiter in einen Silizium-Chip gea☒tzt. Wie in einem Textilgewebe u☒berkreuzen sie sich mehrfach. An den Kreuzungen findet die Interferenz statt. Dazwischen regeln winzige Heizelemente den Brechungsindex des Lichtleiters, wodurch sich die Lichtwellen gegeneinander verschieben lassen. So kann man deren Interferenz steuern und Vektor-Matrix-Multiplikationen ausfu☒hren.

Ganz auf Elektronik verzichten die Bostoner Unternehmen aber nicht. Sie kombinieren ihre Lichtrechner mit herko☒mmlichen elektronischen Bauelementen, die Daten speichern und alle Berechnungen außer den Vektor-Matrix-Multiplikationen ausfu☒hren. Dazu geho☒ren zum Beispiel die nichtlinearen Aktivierungsfunktionen, mit denen die Ausgabewerte jedes Neurons modifiziert werden, bevor sie in die na☒chste Schicht gelangen.

Mit der Kombination aus optischen und digitalen Rechnern lassen sich DNNs extrem schnell berechnen. „Ihr Hauptvorteil liegt in der geringen Latenzzeit“, erkla☒rt Lindsey Hunt, Sprecherin von Lightelligence. Das DNN kann dadurch beispielsweise schneller Objekte auf Bildern erkennen, wie etwa Fußga☒nger und e-Scooter-Fahrer. Beim autonomen Fahren ko☒nnte dies zu schnelleren Reaktionen in kritischen Situationen fu☒hren. „Zudem trifft das optische System mehr Entscheidungen pro Watt elektrischer Energie“, so Hunt. Das ist besonders wichtig, weil die steigende Rechenleistung in Fahrzeugen zunehmend auf Kosten von Kraftstoffverbrauch und Reichweite geht.

Die Lo☒sungen von Lightmatter und Lightelligence lassen sich als Module in herko☒mmliche Computer einsetzen, um die KI-Berechnungen zu beschleunigen – a☒hnlich wie Grafikkarten. Im Prinzip ko☒nnte man sie auch in Fahrzeuge integrieren, etwa um autonome Fahrfunktionen zu realisieren. „Unsere Technologie ist sehr gut geeignet, um als Inferenzmaschine fu☒r ein autonomes Auto zu dienen“, erkla☒rt Lindsey Hunt. Experte Schaper sieht das a☒hnlich: „Wenn es Lightelligence gelingt, automobiltaugliche Komponenten zu bauen, ko☒nnte dies die Einfu☒hrung komplexer KI-Funktionen im Fahrzeug stark beschleunigen.“ Die Technik ist inzwischen marktreif: Das Unternehmen plant erste Pilotversuche mit Kunden fu☒r das Jahr 2022.

Quantencomputer als KI-Turbo

Noch etwas weiter von der praktischen Anwendung entfernt sind Quantencomputer. Auch sie werden KI-Berechnungen beschleunigen, weil sie Unmengen an Daten parallel verarbeiten ko□nnen. Sie arbeiten dafu□r mit sogenannten „Qubits". Anders als die klassische Informationseinheit, das Bit, kann ein Qubit die beiden bina□ren Werte 0 und 1 simultan darstellen. Die beiden Zahlen koexistieren in einem U□berlagerungszustand, wie er nur in der Quantenmechanik mo□glich ist.

Quantencomputer ko□nnten beim Klassifizieren von Dingen zum Turbo fu□r Ku□nstliche Intelligenz werden, zum Beispiel im Verkehrsgeschehen. Dort gibt es viele unterschiedliche Objekt-Kategorien, darunter Fahrra□der, Autos, Fußga□nger, Schilder, nasse und trockene Straßen. Sie unterscheiden sich anhand vieler Eigenschaften, weswegen Experten von „Mustererkennung in ho□herdimensionalen Ra□umen" sprechen.

„Je komplizierter die Muster, desto schwerer tun sich herko□mmliche Rechner damit, Klassen zu unterscheiden", erkla□rt Heike Riel, die IBMs Quantenforschung in Europa und Afrika leitet. Denn mit jeder Dimension wird es aufwendiger, die A□hnlichkeit zweier Objekte auszurechnen: Wie a□hnlich sind sich ein e-Scooter-Fahrer und ein Rollatornutzer, die die Straße u□berqueren wollen? Quantenrechner ko□nnen im Vergleich zu klassischen Computern effizient in hochdimensionalen Ra□umen arbeiten. Fu□r gewisse Probleme ko□nnte diese Eigenschaft nu□tzlich sein und dazu fu□hren, dass mithilfe von Quantencomputern einige Probleme schneller gelo□st werden ko□nnen als mit klassischen Hochleistungsrechnern.

IBM-Forscher haben statistische Modelle analysiert, die sich fu□r die Datenklassifizierung trainieren lassen. Erste Resultate deuten darauf hin, dass geschickt gewa□hlte Quantenmodelle fu□r gewisse Datensa□tze besser funktionieren als klassische Methoden. Die Quantenmodelle sind einfacher zu trainieren und scheinen eine gro□ßere Kapazita□t zu haben – was ihnen erlaubt, kompliziertere Zusammenha□nge zu lernen.

Mit den heutigen Quantencomputern kann man diese Algorithmen testen, aber noch keinen Vorteil gegenu□ber klassischen Rechnern erzielen, räumt Riel ein. Die Entwicklung von Quantencomputern schreitet jedoch rasant voran. Sowohl die Anzahl der Qubits als auch deren Qualität nehmen stetig zu. Ein weiterer wichtiger Faktor ist die Geschwindigkeit, gemessen in Circuit Layer Operations per Second (CLOPS). Diese Zahl beschreibt, wie viele Quantenschaltkreise auf dem Quantenrechner pro Zeit laufen können. Sie ist eines der drei wichtigen Leistungskriterien eines Quantencomputers: Skalierbarkeit, Qualität und Geschwindigkeit.

In absehbarer Zeit du□rfte es gelingen, fu□r bestimmte Anwendungen die U□berlegenheit von Quantencomputern zu zeigen – also dass sie Probleme schneller, effizienter und pra□ziser lo□sen als ein klassischer Computer. Einen leistungsstarken, fehlerkorrigierten, universellen Quantenrechner zu bauen, dauert aber noch etwas la□nger. Nach Scha□tzung von Experten werden dafu□r noch mindestens zehn Jahre vergehen. Doch das Warten ko□nnte sich lohnen. Wie auch optische Chips oder

neue Architekturen von elektronischen Rechnern ko▪nnten Quantenrechner der Schlu▪ssel sein auf dem Weg zur Mobilita▪t der Zukunft.

Zusammengefasst

Bei KI-Berechnungen stoßen mittlerweile neben klassischen Mikroprozessoren auch Grafikchips an ihre Grenzen. Unternehmen und Forscher weltweit arbeiten darum an neuen Lo▪sungen. Nahe am Einsatz sind Chips im Wafer-Format und Lichtrechner. In einigen Jahren ko▪nnten Quantencomputer fu▪r besonders anspruchsvolle Berechnungen hinzukommen.

Info

Text erstmals erschienen im Porsche Engineering Magazin, Ausgabe 1/2022.

Autor: Christian Meier

Copyright: Alle in diesem Artikel veröffentlichten Bilder, Videos und Audio-Dateien unterliegen dem Copyright. Eine Reproduktion oder Wiedergabe des Ganzen oder von Teilen ist ohne die schriftliche Genehmigung der Dr. Ing. h.c. F. Porsche AG nicht gestattet. Bitte kontaktieren Sie newsroom@porsche.com für weitere Informationen.

MEDIA ENQUIRIES



Frederic Damköhler

Senior Manager Corporate Communications Porsche Engineering
+49 (0) 711 / 911 16361
frederic.damkoehler@porsche.de

Bildunterschriften

Pfad: Auf dem Quantensprung/Bilder/Bild.png
Titel: „Wafer Scale Engine“ von Cerebras, 2022, Porsche AG
Bildunterschrift: Riesen-Chip: Die „Wafer Scale Engine“ von Cerebras vereint enorme Rechenkraft auf einem einzigen integrierten Schaltkreis mit mehr als 20 Zentimeter Seitenlänge.

Pfad: Auf dem Quantensprung/Bilder/Bild_1.png
Titel: „Envise"-Chip von Lightmatter, 2022, Porsche AG
Bildunterschrift: Rechnen mit Licht: Der „Envise"-Chip von Lightmatter nutzt Photonen statt Elektronen für die Berechnung von Neuronalen Netzen. Die Ein- und Ausgabedaten werden von herkömmlicher Elektronik geliefert beziehungsweise entgegengenommen.

Pfad: Auf dem Quantensprung/Bilder/Bild_2.png
Titel: Dr. Heike Riel, Leiterin der IBM-Quantenforschung in Europa und Afrika, 2022, Porsche AG
Bildunterschrift: Heike Riel, Leiterin der IBM-Quantenforschung in Europa und Afrika

Linksammlung

Link zu diesem Artikel
https://newsroom.porsche.com/de/2022/innovation/porsche-engineering-quantencomputer-computerchip-optische-rechner-27646.html

Externe Links
https://www.porscheengineering.com/peg/de/

Dr. Ing. h.c. F. Porsche Aktiengesellschaft
Porscheplatz 1
70435 Stuttgart