Neuronal Decoding nennt sich das Wissenschaftsgebiet, wenn anhand der Gehirnaktivitäten auch gehörte Musik oder Sprache werden



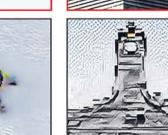


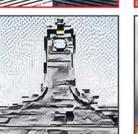














Neurowissenschaften

Wie KI lernt, unsere Gedanken zu lesen

Computern ist es erstmals gelungen, menschliche Gehirnsignale in Bilder zu übersetzen. Nicht nur Marketingfirmen interessieren sich für die Technik – auch die Rüstungsindustrie.

Thomas Jahn Düsseldorf

or einigen Monaten stockte Yu Takagi der Atem. Die Fotos auf seinem Bildschirm wirkten so überzeugend. Der japanische Forscher ging ins Baund dachte: "Okay, das Spiegel-bild sieht normal aus. Vielleicht werde ich doch nicht verrückt." irgendwann Träume Der Grund für die Bestürzung: Ein KI-Modell hatte die Gehirnsignale von Testpersonen in Bilder übersetzt – und die glichen erstaunlich den vorher angeschauten Fotos. "Das hätte ich wirklich nicht erwartet", sagt der Neurowissenschaftler und angehende Professor an der Osaka-Universität.

"Neuronal Decoding" nennt sich das Wissenschaftsgebiet. Künstliche Intelligenz (KI) kann anhand der Gehirnaktivitäten von Menschen nicht nur zuvor gesehene Bilder, sondern auch gehörte Musik oder Sprache rekonstruieren. "Der Fortschritt ist exponentiell", sagt Sead Ahmetovic, Chef

von We Are Developers, Europas größter Entwicklerplattform. Überall in der Welt erzielen nicht nur Informatiker und Neurowissenschaftler immer mehr Verbesserungen an dem Verfahren. Auch Start-ups wie Neuralink und Kernel sowie Tech-

Konzerne mischen mit – obwohl kommerzielle Anwendungen noch weit in der Zukunft liegen. Es geht um die ultimative Kommunikation zwischen Mensch und Maschine.

Takagi wurde nach Veröffentlichung seiner Studie im September 2022 förmlich mit Anfragen überschüttet. Vor allem Marketingfirmen wollten mithilfe der Technologie erforschen, wie gut ihre Werbung ankommt. Auch seien Rüstungsunternehmen dabei gewesen, erzählt der Japaner. Aber: "Das geht aus ethischen Gründen nicht, jeder muss mit einer Untersuchung einverstanden sein auch wenn es der Feind ist.

Das Interesse der Unternehmen und Risikokapitalgeber an Takagis Studie mit dem Titel "Highresolution image reconstruction with latent diffusion models from human brain activity" ist ver-

Anwendungsbereiche. Die "Hochauflösende Bildrekonstruktion" von Gehirnaktivitäten führten Takagi und sein Kollege Shinji Nishimoto mit dem Programm Stable Diffusion durch, das an der LMU München entwickelt und von dem englischen Start-up Stable AI auf den Markt geb "Ich bin überrascht, was für unterschiedliche Anwendungen mit Stable Diffusion gemacht werden", sagt Björn Ommer, Professor für Informatik an der LMU München. Das Deep-Learning-Modell ist vor allem dafür da, aus Texteingaben Bilder zu generieren. Takagi und sein Kollege haben eine Art Übersetzer vor Stable Diffusion gesetzt, der die Hirnsignale für die KI verständlich macht. "Es kann sicherlich keine Gedanken lesen", sagt Ommer. "Aber es ist spannend, dass es funktioniert."

ständlich angesichts der vielen potenziellen

Gehörte Sprache rekonstruieren

So aufregend die Ergebnisse sind, so liegt doch vieles noch im Unklaren. "Wir wissen nicht, wie das Gehirn Formen oder Farben genau erstellt", sagt Thirza Dado, kognitive Neurowissenschaftlerin an der Radbout-Universität in Nimwegen "Aber die KI wird immer besser darin, die Muster zu erkennen." Niemand weiß bis ins letzte Detail, was sowohl im Gehirn als auch in den neuronalen Netzen vor sich geht – aber die Ergebnisse sind einfach gut.

WOCHENENDE 30. JUNI/1./2. JULI 2023, NR. 124

Handelsblatt

So ließen in einer vor wenigen Tagen veröffentlichten Studie Forscher der University of Texas drei Freiwillige 16 Stunden lang Podcasts und längere Radiobeiträge hören. Die vom MRT ausgelesenen Signale wertete ein Sprachmodell aus. Der Transformer - eine KI ähnlich der von ChatGPT von OpenAI oder Bard von Google - konnte anhand der Muster die Gehirnsignale nicht immer fehlerfrei, aber doch erstaunlich akkurat decodieren. So hatte beispielsweise ein Teilnehmer den Satz "Ich habe noch keinen Führerschein" gehört. Bei der KI las sich das so: "Sie hat noch einmal angefangen, das Fahren zu lernen."

Als Schülerin wurde Dado gefragt, was sie später einmal machen wolle. "Ich möchte eine Traummaschine bauen", sagte sie 2008 mehr aus Spaß. Heute ist die 30-Jährige dieser Vision näher, als sie es jemals gedacht hätte. Sie forscht im Neural Coding Lab der Radbout-Universität und rekonstruiert wie ihr Kollege Takagi in Japan mit KI-Modellen Bilder.

Das Neural Coding Lab unter Leitung von Umut Güclü wendet das Verfahren bereits bei der Rekonstruktion von gesehenen Filmen an. Der nächste Schritt wäre es, die von Menschen nur vorgestellten Bilder zu rekonstruieren. Danach könnte man rein theoretisch Träume aufzeichnen und auswerten. Das liegt laut der Forscherin noch in weiter Zukunft. Aber selbst wenn es gelänge, wüsste man wahrscheinlich nie genau, ob es wirklich unsere Träume waren.

Die Gehirnaktivitäten messen die Neurowissenschaftler mit einem sogenannten fMRT dem "funktionellen Magnetresonanztomografen". Wenn das Gehirn in bestimmten Bereichen aktiv wird, braucht es Sauerstoff. Blut fließt in diese Bereiche, und dessen Bewegung verfolgen die Forscher anhand des Eisens, das sich in roten Blutkörpern findet. "Eine direkte Messung der neuronalen Aktivitäten durch ein Implantat würde zu viel genaueren Ergebnissen führen", sagt die Doktorandin. "Aber das ist noch sehr gefährlich für den Menschen."

Musks Neuralink macht klinischen Test

Allerdings könnten manche Menschen bereit sein, das Risiko in Kauf zu nehmen, wenn sie beispielsweise an Amyotropher Lateralsklerose (ALS) leiden. Das ist eine unheilbare, schwere Erkrankung des Nervensystems. Vor wenigen Tagen erhielt Neuralink, die von Tesla-Chef Elon Musk 2016 gegründete Biotechfirma, von der US-Gesundheitsbehörde die Genehmigung für einen klinischen Test für ein Implantat - ein großer Schritt, der bislang noch keinem Biotechunternehmen gelang.

Neuralink will dem Patienten ein sogenanntes "Brain Computer Interface" (BCI) einsetzen. Das "Hirn-Computer-Interface" heißt N1 und belauscht an 1024 Punkten die elektrischen Signale der Nervenzellen – oder regt sie umgekehrt mit elektrischen Impulsen an. Das N1 hat einen Durchmesser von rund 2,5 Zentimetern und arbeitet drahtlos. Seit 2019 laufen Versuche mit Makaken, die Affen können beispielsweise mit einem BCI ein Pingpong-Videospiel steuern.

Allerdings warnt Professor Ommer auch: "Neuralink ist führend in der PR-Kommunikation, aber nicht unbedingt in der wissenschaftlichen Forschung." Der chirurgische Eingriff birgt Gefahren, akzeptabel hält. Daher arbeiten viele Firmen und Forscher an neuen Sensoren und Technologien, die Gehirnaktivitäten mit weniger Aufwand messen können. Beispielsweise die "Nahinfrarotspektroskopie", bei der die Testpersonen nur eine Art Kappe tragen, die mit dem Computer verbunden ist.

Es wird nach Ansicht von Takagi von der Osaka-Universität noch mindestens ein Jahrzehnt dauern, bis kommerziell anwendbare Verfahren zu erwarten sind. Eine Hoffnung des 34-Jährigen: die Gehirnaktivitäten von Tieren zu entschlüsseln. "Ich würde schon gern wissen, was für Bilder meine Katze Lolo im Kopf hat, wenn sie mich sieht", sagt Takagi, Seine Hoffnung: Lolo sieht sein Gesicht. so, wie es ist. Seine Befürchtung: Die KI zeigt einen Leckerbissen.

Automatisierung

Berge und Bots

Gleich mehrere Start-ups arbeiten daran, autonome Roboter in den Alltag zu bringen. Besonders viele junge Firmen kommen aus der Schweiz.

Jakob Blume Zürich

er US-Roboterhersteller Boston ynamics ist auch außerhalb der genieurszene einem Millionenpublikum bekannt. Dafür sorgt unter anderem der vierbeinige Robohund "Spot": Videos, in denen die Roboter synchron tanzen, gingen in den sozialen Netzwerken viral. Spot gilt als Paradebeispiel, was Roboter heute können.

Von einer breiten Öffentlichkeit weniger bemerkt, dafür von der Fachwelt umso mehr, hat sich in den vergangenen Iahren ein Konkurrent herangepirscht: "Anymal", ein vierbeiniger Laufroboter des Züricher Start-ups Anybotics. CEO Péter Fankhauser hat Anybotics zusammen mit Ingenieurkollegen von der ETH Zürich 2016 gegründet – im selben Jahr, in dem Boston Dynamics die erste Version seines Robohunds vorgestellt hat. Inzwischen kommen sowohl "Spot" als auch "Anymal" für Inspektionen in Industrieanlagen zum Einsatz. "Heute können wir mit Stolz sagen: Wir sind auf Augenhöhe", sagt ETH-Professor und Anybotics-Mitgründer Roland Siegwart.

Komplexes Zusammenspiel von Motoren und Sensoren

Entscheidend dafür, dass ein anfangs kleines Team von Ingenieuren und Software-Entwicklern mehrere Jahre Entwicklungsvorsprung von Boston Dynamics aufgeholt hat, war eine Form von Künstlicher Intelligenz (KI) oder ganz präzise: Deep-Learning-Algorithmen. KI sei die Basistechnologie, um Sensoren zu bauen, die menschlichen Sinnesorganen ähnlich sind, bestätigt Anybotics-CEO Fankhauser: "Ohne Künstliche Intelligenz kann die Automatisierung nicht voranschreiten."

Die Weiterentwicklung autonomer Roboter steht stellvertretend für den Trend, dass KI-Anwendungen eher menschenähnlich agieren. Den Durchbruch erlangte die

Technologie noch mit

sung von Problemen, die für Menschen kaum zu bewältigen sind, etwa der Verarbeitung großer Datenmengen. "Heute kann ein Computer viel besser Schach spielen als der Mensch, weil er in der Lage ist, viel mehr Züge im Voraus zu planen", sagt Siegwart.

Doch zunehmend verlagert sich die Forschung dahin, Abläufe zu trainieren, die Lebewesen intuitiv beherrschen. "Wenn ein Fohlen auf die Welt kommt, kann es bereits laufen", führt Siegwart ein Beispiel an. Für einen Roboter ist der Lernprozess ungleich komplexer, ein Zusammenspiel von Motoren, Sensoren, Kameras und der radarähnlichen Lidar-Technologie. Erst das exponentielle Wachstum bei der Rechenleistung, kombiniert mit Fortschritten bei Deep-Learning-Algorithmen, brachte hier den Durchbruch - bis hin zur Tanzchoreografie der Robohunde. Eine große Herausforderung war es

für Anybotics schon, dem Roboterhund das Laufen auf unebenem Untergrund oder das Treppensteigen beizubringen. Daher nutzt das Unternehmen Lernalgorithmen, die als künstliche neuronale Netze aufgebaut sind. Diese von den Nervenzellenverbindungen im menschlichen Gehirn inspirierten Berechnungsmodelle ermöglichen es dem Roboter, komplexe Bewegungsabläufe millionenfach virtuell zu trainieren. Damit sparte Anybotics Tausende Übungsstunden im Livebetrieb. "Der Einsatz von Deep-Learning-Algorithmen in der Robotik ist noch nicht Standard", sagt ETH-Wissenschaftler Siegwart. Doch das Potenzial sei riesig.

Was heute bereits möglich ist, zeigen nicht zuletzt eine Reihe von Startups, die aus dem ETH-Labor für Autonome Systeme von Professor Siegwart hervorgegangen sind. So hat Sevensense AI "Augen und Gehirn" für autonome Roboter entwickelt. Das ermöglicht etwa einem Putzroboter, durch ein gut gefülltes Kaufhaus zu navigieren. Gianluca Cesari, Co-Gründer von Sevensense, sagt: "Unsere Software hilft Robotern dabei, herauszufinden, wo sie sich in einem Raum befin

den, was um sie herum geschieht und wie sie optimal von einem Startpunkt zu einem definierten Ziel finden." Der Wachroboter von Ascento pa-

trouilliert eigenständig auf weitläufigen Industriegrundstücken, etwa der Schweizerischen Bundesbahn. Er kann Menschen identifizieren und überprüfen, ob diese sich auf dem Gelände aufhalten dürfen. Voliro wiederum entwickelt eine Drohne, die auf festgelegten Routen durch Industrieanlagen fliegt und in großer Höhe Messungen vornehmen kann.

Die technologischen Fortschritte bei KI, insbesondere bei Deep-Learning-Algorithmen, beflügeln die Entwicklung einer völlig neuen Robotergeneration, beobachtet Christian Noske. Er analysiert für den Venture-Capital-Investor NGP Roboterlösungen für die Industrie. Noske sagt: "Industrieroboter waren lange Zeit ausschließlich ein Thema für große Konzerne."

Die Autobauer haben beispielsweise mit Robotern ihre Produktionsstraßen so stark automatisiert, dass der Mensch bei vielen Prozessschritten nicht eingreifen muss, ja gar nicht eingreifen darf. Doch das lohnt sich nur im großen Stil. Hier liege der fundamentale Unterschied zu der neuen Generation autonomer Roboter: "Sie sind für die Arbeit in Umgebungen ausgelegt, in denen auch Menschen mitarbeiten." Die Maschinen könnten damit in einem breiteren Kreis von Unternehmen eingesetzt werden. "Das spricht Kunden an, die zum ersten Mal einen Roboter kaufen", sagt Noske.

Simpel zu steuern wie ein iPhone

CEO Fankhauser ist überzeugt: "In Zukunft können autonome Roboter nicht nur ihre Umgebung wahrnehmen und messen, sondern selbstständig Aufgaben übernehmen." Ein Beispiel sei, chemische Proben zu nehmen und zu analysieren. Für die Entwicklung solcher Fähigkeiten brauche Anybotics noch etwa zwei bis drei Jahre, schätzt er.

Cesari von Sevensense erwartet: "In fünf bis zehn Jahren wird es möglich sein, fast jeden Arbeitsschritt in der Industrie zu automatisieren." Den größten Markt sieht er etwa bei der Warenannahme oder dem Verladen. "Ein Logistiklager wird in Zukunft viel weniger menschliches Personal benötigen, die Produktivität wird dramatisch steigen", ist er überzeugt.

Gleichzeitig führen die Fortschritte bei komplexen Sprachmodellen wie GPT dafür, dass die Interakti von Menschen mit Robotern immer einfacher werde, sagt Investor Noske. "Die Entwicklung ist so stark vorangeschritten, dass Menschen mit einem Roboter schon bald wie mit einem Kollegen kommunizieren können." Daran arbeitet auch Sevensense. Cesari ergänzt: "Unser Ziel ist es, dass ein Roboter so simpel zu bedienen ist wie ein iPhone."

Doch Wissenschaftler Siegwart kennt auch die Grenzen dessen, was Maschinen auf absehbare Zeit leisten können. "Es gibt viele Roboter, die ein Auto zusammensetzen können – aber noch keinen, der ein Auto reparieren



Werden wir

als Video sehen

können?