Warum Zufall künstliche Bilderkennung zuverlässiger machen kann

Menschen erkennen Gegenstände selbst bei schlechter Sicht meist erstaunlich zuverlässig. Künstliche Sehsysteme stoßen dagegen schneller an ihre Grenzen, wenn Bilder gestört oder ungewohnt sind. Forschende des Hertie-Instituts für klinische Hirnforschung (HIH) haben nun untersucht, was künstliche Sehsysteme vom Gehirn lernen können. Dabei fanden sie heraus, dass das Zusammenspiel zweier vom Gehirn inspirierter Eigenschaften die Bilderkennung deutlich zuverlässiger machen kann. Die Ergebnisse der Studie wurden in der internationalen Fachzeitschrift für Datenwissenschaften „Patterns" von Cell Press veröffentlicht.

Sehen ist keine Einbahnstraße

Im Mittelpunkt der Untersuchung standen zwei Fragen: Was macht unser Sehen so widerstandsfähig, und was können künstliche Sehsysteme daraus lernen? Solche Systeme nutzen künstliche neuronale Netze, um beispielsweise Gegenstände auf Bildern zu erkennen. Je zuverlässiger ihnen das auch bei schlechten oder unvollständigen Bildinformationen gelingt, desto besser können sie unter schwierigen Bedingungen eingesetzt werden.

Eine mögliche Erklärung für die Robustheit des biologischen Sehens liegt in der Arbeitsweise des Gehirns: Beim Sehen werden Informationen nicht nur von den Augen an das Gehirn weitergeleitet. Höhere Hirnareale senden auch Signale an frühere Verarbeitungsstufen zurück und beeinflussen so, wie eingehende Sinneseindrücke verarbeitet werden. Forschende sprechen hier von der Top-down-Rückkopplung. Solche Verbindungen sind ein grundlegendes Merkmal biologischer Sehsysteme, werden in vielen künstlichen Sehsystemen jedoch nicht berücksichtigt.

Ein Forschungsteam um Erstautor Dr. Antonino Greco und Studienleiter Professor Markus Siegel vom Tübinger Hertie-Institut für klinische Hirnforschung untersuchte deshalb, ob Rückkopplung erst im Zusammenspiel mit einer weiteren Eigenschaft des Gehirns wirksam wird: den zufälligen Schwankungen in der Aktivität von Nervenzellen, der sogenannten neuronalen Variabilität.

Wenn Zufall beim Lernen hilft

Die Forschenden trainierten künstliche neuronale Netze darauf, Bilder zu erkennen. Sie verglichen Modelle mit und ohne Rückkopplung. Zusätzlich bildeten sie zufällige Schwankungen neuronaler Aktivität vereinfacht nach, indem sie während des Trainings einzelne Netzwerkeinheiten nach dem Zufallsprinzip vorübergehend ausschalteten.

Rückkopplung allein brachte kaum Vorteile. Erst in Kombination mit diesem Training wurden die untersuchten Netzwerke deutlich widerstandsfähiger gegenüber Bildrauschen und gezielten Veränderungen, die eine falsche Bilderkennung auslösen können. Auch mit Bildern, die von den Trainingsbedingungen abwichen, kamen sie besser zurecht.

„Wir sind davon ausgegangen, dass Top-down-Rückkopplung allein ausreichen würde, um künstliche Sehsysteme robust zu machen. Genau das hat sich nicht bestätigt", sagt Erstautor Greco. „Sie entfaltet ihre Wirkung erst, wenn das Netzwerk gelernt hat, mit Zufall umzugehen."

Die Analysen der Forschenden legen nahe, dass zufällige Variabilität verhindert, dass einzelne Netzwerkeinheiten beim Lernen zu stark voneinander abhängig werden. Gleichzeitig macht sie die Netzwerkaktivität unregelmäßiger. Die Rückkopplung nutzt dagegen Informationen höherer Verarbeitungsstufen, um die gemeinsame Aktivität des Netzwerks in stabileren, kompakteren Mustern zu organisieren. Beide Mechanismen übernehmen damit unterschiedliche, sich ergänzende Aufgaben.

Neue Perspektiven für Hirnforschung und künstliche Sehsysteme

Die Forschenden sehen darin einen Ansatz, künstliche Sehsysteme künftig widerstandsfähiger gegen Bildstörungen zu machen. „Künstliche neuronale Netze wurden ursprünglich nach dem Vorbild des Gehirns entwickelt. Viele heutige Modelle unterscheiden sich jedoch deutlich von dessen Aufbau und Arbeitsweise", erklärt Markus Siegel, Leiter der Abteilung

Neuronale Dynamik und Magnetenzephalographie am Hertie-Institut. „Unsere Ergebnisse zeigen, dass bestimmte Prinzipien des Gehirns neue Ansätze für robustere künstliche Sehsysteme liefern können. Gleichzeitig helfen uns solche Modelle, die Informationsverarbeitung im Gehirn besser zu verstehen."

Die Arbeit verbindet Hirnforschung mit künstlicher Intelligenz – ein Ansatz, der als NeuroAI bezeichnet wird.

Die Arbeit entstand im Rahmen des von der Deutschen Forschungsgemeinschaft geförderten Sonderforschungsbereichs 1233 „Robust Vision", in dem Tübinger Forschungsgruppen untersuchen, warum biologisches Sehen so verlässlich funktioniert. Beteiligt waren außerdem Marco D'Alessandro und Giovanni Pezzulo vom Institut für Kognitionswissenschaften und Technologien des italienischen Forschungsrats in Rom sowie Karl J. Friston vom University College London.

Publikation

Greco, A., D'Alessandro, M., Friston, K. J., Pezzulo, G. & Siegel, M.: Robust inference via top-down feedback and neural variability in recurrent vision models. Patterns, Cell Press.
DOI: 10.1016/j.patter.2026.101693

Pressemitteilung

20.10.2026
Quelle: Hertie-Institut für klinische Hirnforschung

Weitere Informationen

Dr. Antonino Greco
Hertie-Institut für klinische Hirnforschung
E-Mail: antonino.greco(at)uni-tuebingen.de

Prof. Dr. Markus Siegel
Leiter der Abteilung Neuronale Dynamik und Magnetenzephalographie Hertie-Institut für klinische Hirnforschung
E-Mail: markus.siegel(at)uni-tuebingen.de

- Hertie-Institut für klinische Hirnforschung (HIH)