



Mit Physik Muster in Informationen finden

Die Nobelpreisträger 2024 entwickelten mithilfe von Werkzeugen aus der Physik Methoden, die den Grundstein für maschinelles Lernen legten. John Hopfield erschuf eine Struktur, die Informationen speichern und wieder abrufen kann. Geoffrey Hinton erfand ein Verfahren, das eigenständig nach Eigenschaften in Daten suchen kann, was für die heutigen großen künstlichen neuronalen Netze von Bedeutung ist.

Das maschinelle Lernen hat sich in den letzten fünfzehn bis zwanzig Jahren explosionsartig entwickelt, wobei eine als künstliches neuronales Netz bezeichnete Struktur genutzt wurde. Wenn wir heute von künstlicher Intelligenz – oder KI – sprechen, meinen wir häufig diese Form der Technologie.

Wir erleben, wie Computer zwischen verschiedenen Sprachen übersetzen, Bilder auswerten und sogar vernünftige Gespräche führen können. Weniger bekannt ist vielleicht die Tatsache, dass dieser Technologietyp schon lange von großer Bedeutung für die Forschung ist, zum Beispiel bei der Sortierung und Analyse großer Datenmengen.

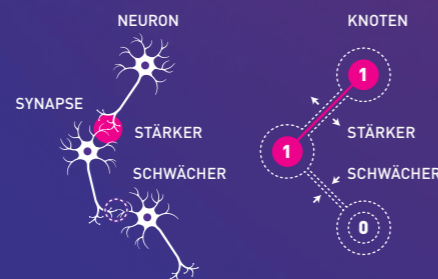
Ein künstliches neuronales Netz verarbeitet Informationen mithilfe seiner

gesamten Netzstruktur. Vorbild hierfür war ursprünglich das Gehirn. Künstliche neuronale Netze ahmen die Neuronen des Gehirns nach, indem sie Knoten verwenden, denen verschiedene Werte zugeordnet sind. Die Verbindungen zwischen den Knoten, die stärker oder schwächer eingestellt werden können, stellen die Synapsen dar. Zwar gibt es erhebliche Unterschiede zwischen dem neuronalen Netz des Gehirns und künstlichen neuronalen Netzen, manche Funktionen, wie zum Beispiel Gedächtnis und Lernen, lassen sich jedoch imitieren.

Mithilfe von Techniken aus der Physik schufen John Hopfield und Geoffrey Hinton Werkzeuge, von denen die Wissenschaft heute profitiert.

John J. Hopfield
Geboren 1933 in Chicago, USA.
Professor an der Princeton University, USA.

Geoffrey Hinton
Geboren 1947 in London, Vereinigtes Königreich. Professor an der University of Toronto, Kanada.



Neuronale Netze

Beim Lernen werden im Gehirn die Verbindungen zwischen bestimmten Neuronen verstärkt, die zwischen anderen Neuronen dagegen abgeschwächt. Im künstlichen Netz erfolgt die Stärkung bzw. Abschwächung der Verbindungen zwischen den Knoten entsprechend ihrem Wert nach Regeln.

Das Hopfield-Netz

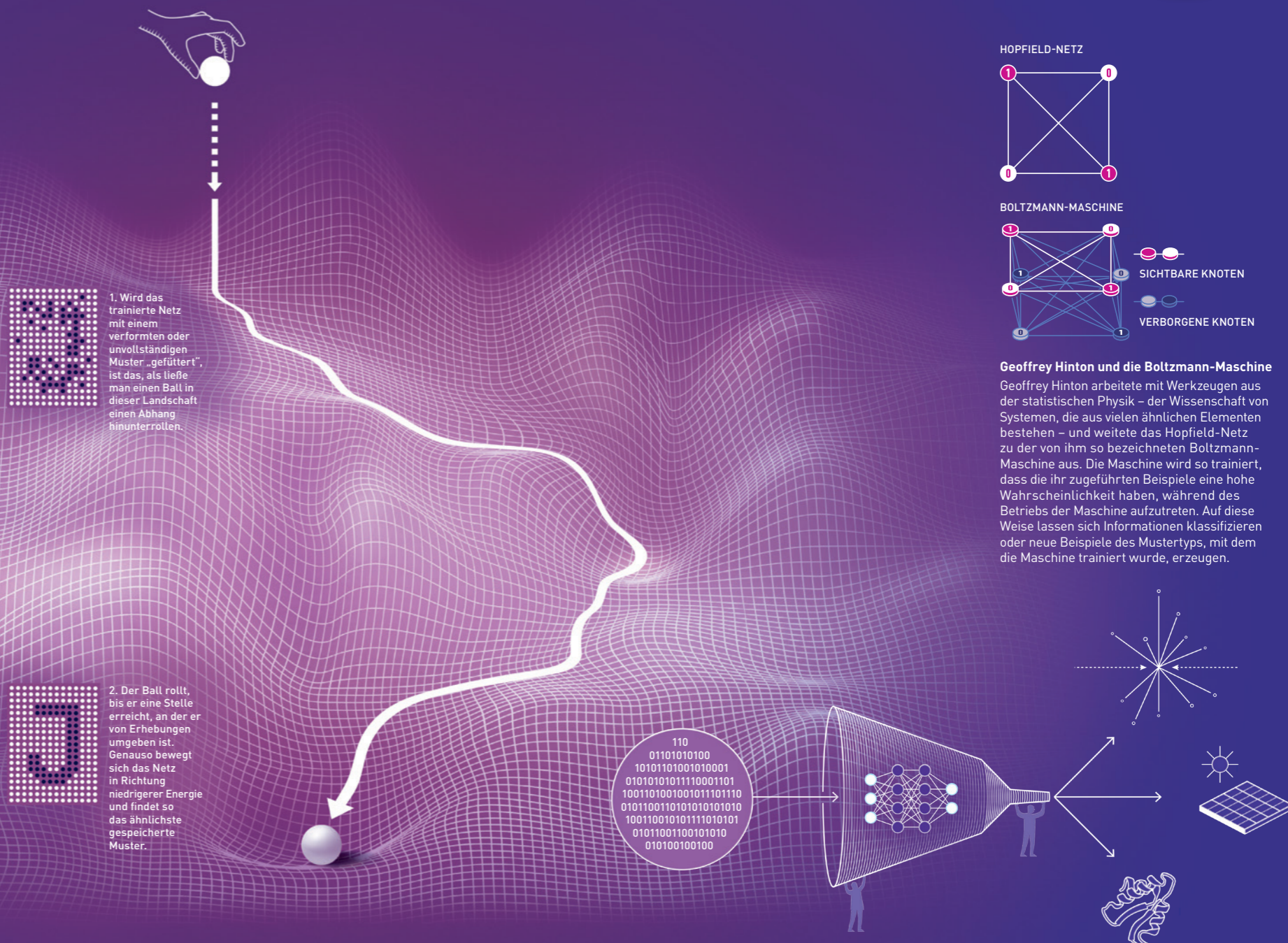
John Hopfield begann seine Forschungslaufbahn in der Festkörperphysik. Damals versuchte er, biologische Fragestellungen mit Techniken und Methoden aus der Physik zu lösen. Eine Tagung zu Neurowissenschaften weckte sein Interesse an der Dynamik neuronaler Netze. Er erkannte, dass man anhand der Physik, die magnetische Materialien beschreibt, ein Modellnetz aus Knoten und ihren Verbindungen entwickeln kann.

Speicherung von Erinnerungen als Landschaft

John Hopfields assoziatives Gedächtnis von 1982 basiert darauf, dass das Netz Informationen ähnlich der Entstehung einer Landschaft speichert. Die Werte der Knoten entsprechen dabei den Pixeln eines Bildes. Wenn das Netz trainiert wird, entsteht für jedes gespeicherte Muster ein Tal in einer virtuellen Energielandschaft.

Anwendungsmöglichkeiten

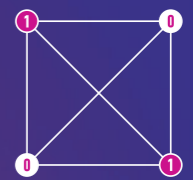
Die Physik profitiert enorm von künstlichen neuronalen Netzen. Unter anderem wurden bei der Suche nach dem Higgs-Teilchen riesige Datenmengen mithilfe von maschinellem Lernen durchforstet und verarbeitet. Weiterhin werden sie zum Beispiel für die Reduzierung des Rauschens bei der Messung von Gravitationswellen, die beim Zusammenstoß schwarzer Löcher entstehen, oder für die Suche nach Exoplaneten eingesetzt.



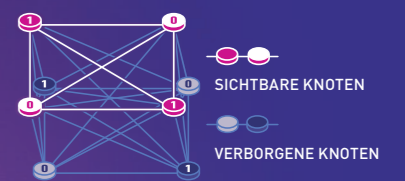
1. Wird das trainierte Netz mit einem verformten oder unvollständigen Muster „gefüttert“, ist das, als ließe man einen Ball in dieser Landschaft einen Abhang hinunterrollen.

2. Der Ball rollt, bis er eine Stelle erreicht, an der er von Erhebungen umgeben ist. Genauso bewegt sich das Netz in Richtung niedrigerer Energie und findet so das ähnlichste gespeicherte Muster.

HOPFIELD-NETZ



BOLTZMANN-MASCHINE



Geoffrey Hinton und die Boltzmann-Maschine

Geoffrey Hinton arbeitete mit Werkzeugen aus der statistischen Physik – der Wissenschaft von Systemen, die aus vielen ähnlichen Elementen bestehen – und weitete das Hopfield-Netz zu der von ihm so bezeichneten Boltzmann-Maschine aus. Die Maschine wird so trainiert, dass die ihr zugeführten Beispiele eine hohe Wahrscheinlichkeit haben, während des Betriebs der Maschine aufzutreten. Auf diese Weise lassen sich Informationen klassifizieren oder neue Beispiele des Mustertyps, mit dem die Maschine trainiert wurde, erzeugen.