



Leben in der Matrix

Wie neuronale Netzwerke Realität erschaffen

Franz Bludorf

Ihre Wissenschaftler müssen erst noch entdecken, wie neuronale Netzwerke Selbstbewusstsein schaffen können, ganz zu schweigen davon, wie das menschliche Gehirn zweidimensionale Netzhautbilder in dreidimensionale Phänomene umwandelt, die man Wahrnehmung nennt, und dennoch wagen Sie es gerade schamlos zu verkünden, dass zu sehen zu glauben bedeutet.“

In der legendären Serie „Akte X“ erhält der Elektriker Rocky nach einer Begegnung der dritten Art Besuch von einem „Man in Black“, der ihn durch Drohungen auffordert, seiner eigenen Wahrnehmung nicht zu trauen. „Aber wenn Sie das doch tun, sind Sie ein toter Mann.“ Der Dialog war damals durchaus visionär.

Interessanterweise behauptete der Mann, die Menschheit könne menschliche Wahrnehmung erst dann verstehen, wenn man künstliche Intelligenz im Computer er-

forscht habe. Das erscheint auf den ersten Blick widersinnig. Kann man einem Computer beibringen, wie ein Mensch wahrzunehmen, ohne zu wissen, wie unsere Wahrnehmung funktioniert? Selbst Pioniere wie Stuart

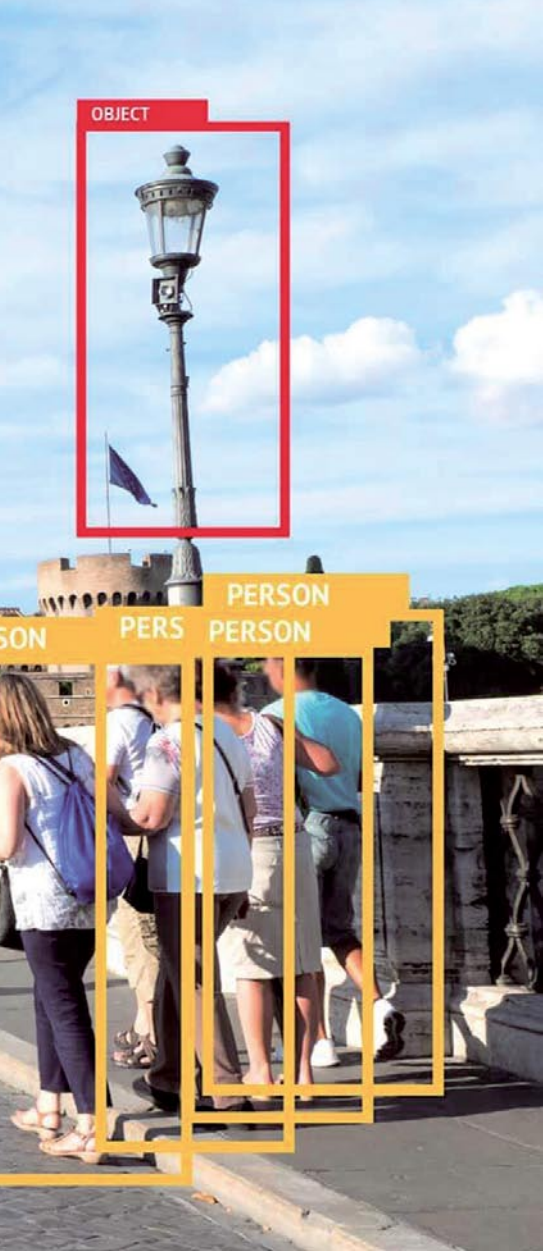
Russell von der Berkeley-

Universität und Peter Norvig, Chefprogrammierer bei Google, schrieben: „Wenn wir sagen, ein bestimmtes Programm denkt wie ein Mensch, müssen wir irgendwie festlegen können, wie Menschen denken. Wir müssen in die Arbeitsweise des menschlichen Gehirns eindringen.“ Und doch sollte der Man in Black am Ende Recht behalten. Um zu verstehen, wie das neuronale Netzwerk in unserem Gehirn die Welt modelliert,

...und Sie wagen es, schamlos zu verkünden, dass zu sehen zu glauben bedeutet.

Szene aus der Akte-X-Folge „Andere Wahrheiten“. Ein „Man in Black“ belehrt Rocky über neuronale Netzwerke.





Links: Ein neuronales Netzwerk hat Elemente eines Fotos der Ponte Sant'Angelo in Rom korrekt als „Personen“ und „Objekte“ klassifiziert.

können nur rechnen, Zahlenwerte vergleichen und noch ein paar Kleinigkeiten mehr. Wo aber ist der Algorithmus, der sagt, ein Terrier sieht „so ähnlich“ aus wie ein Schäferhund, also sind beides Hunde? *Es gibt ihn nicht.* Begriffe wie „ähnlich“ oder „ungefähr“ – wissenschaftlich auch als *Unschärfe* oder „Fuzziness“ bezeichnet – sind der Mathematik fremd.

Unser Gehirn dagegen ist so konstruiert, dass es in Bruchteilen einer Sekunde erkennen kann, dass eine Wolkenformation einer nackten Frau ähnelt. Seine Leistungsfähigkeit, uns durchs Leben zu führen, besteht gerade darin, *dass es mit hoher Geschwindigkeit Objekte klassifizieren kann, ohne dass sie identisch sein müssen.* Ohne Algorithmus, also wie dann?

Mehr noch: Ein simpler Fadenwurm, der nur 302 Nervenzellen besitzt, kann bei all seiner offensichtlichen Dummheit leben, fressen und sich vermehren. Die nicht viel klügere Fruchtfliege kann fliegen, Nahrung finden, Feinde erkennen und die Flucht ergreifen. Um ein selbstfahrendes Auto von Elon Musk auch nur entfernt Ähnliches leisten zu lassen, waren aufwändige Hardware und jahrelange Entwicklungsarbeit hochqualifizierter Experten nötig.

Am Anfang stand die Erkenntnis: *„Die Größe ist nicht entscheidend!“* Wie so oft...☺ Ein primitives Lebewesen mit ein paar hundert Nervenzellen ist einem Rechner mit Gigabytes an Speicher und Teraflops an CPU-Leistung in vieler Hinsicht überlegen. Die Hardware ist es also nicht. Es geht um die *Architektur*, die

es ermöglicht, aus einer begrenzten Anzahl von Ressourcen Höchstleistungen herauszuholen. Dafür muss ein Computer kein Gehirn werden. Es reicht, in ihm die Vernetzung der Nervenzellen nachzuvollziehen.

► **Viele der Ideen, die Lilly und ich vor 20 Jahren über unsere Realität herausgefunden haben, sind jetzt noch aktueller geworden.“**



Lana Wachowski, Regisseurin der Matrix-Filme

Die Architektur ist entscheidend

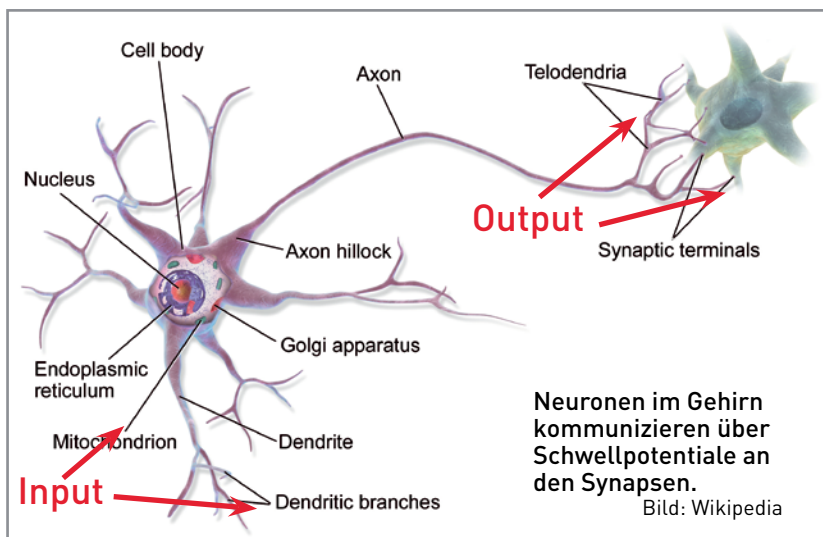
Gehirne bestehen aus Nervenzellen (Neuronen), die untereinander vernetzt sind und parallel Informationen auf unterschiedlichen Wegen weiterleiten können. Jedes Neuron hat mehrere Eingänge (Dendriten), mit denen es Daten (Input) aufnimmt – von anderen Neuronen oder direkt von den Sinnesorganen – und sie dann über einen Ausgang (Axon) als Output an andere Neuronen weiterleitet. Dieses Axon ist ein sehr langer Nervenstrang, der sich am Ende erneut verzweigt, um an den Schaltstellen (Synapsen) den Output an andere Neuronen übertragen zu können. Dabei ist das Neuron nicht nur ein passiver Datenkanal, sondern an jedem synaptischen Spalt muss ein bestimmtes Schwellenpotential anliegen, um den Weg zur nächsten Zelle freizu-

mussten wir sein künstliches Abbild im Computer studieren.

Der schnelle Idiot

In früheren Jahrzehnten krankte die Informatik daran, dass Computer zwar oft mit Gehirnen verglichen wurden, aber vollkommen anders funktionierten. Während ein Computer in Sekundenbruchteilen die kompliziertesten Berechnungen anstellt, so wie es kein Mensch könnte, scheitert er daran, auf einem Bild einen simplen Hund zu erkennen. Der Grund liegt darin, dass der Computer trotz seiner immensen Leistungsfähigkeit immer noch ein „Idiot“ ist, wie einer meiner Professoren einmal in der Vorlesung sagte. Er kann nur stereotyp Rechenschritte abarbeiten, die ihm Stück für Stück vom Menschen vorgegeben wurden. So etwas nennt man einen Algorithmus.

Algorithmen basieren aber auf nichts anderem als auf den strengen Regeln der Mathematik. Sie



Neuronen im Gehirn kommunizieren über Schwellenpotentiale an den Synapsen.

Bild: Wikipedia

1 Zitat aus Russell / Norvig: Künstliche Intelligenz. Ein moderner Ansatz (s. Literaturliste).