

**Zeitschrift:** Horizonte : Schweizer Forschungsmagazin  
**Herausgeber:** Schweizerischer Nationalfonds zur Förderung der Wissenschaftlichen Forschung  
**Band:** - (1991)  
**Heft:** 11  
  
**Artikel:** Erleuchtungen - wie im Kopf  
**Autor:** [s.n.]  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-967842>

### **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

### **Conditions d'utilisation**

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

### **Terms of use**

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

**Download PDF:** 25.01.2026

**ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>**

# Erleuchtungen – wie im Kopf

«Neuronale Netzwerke», die wie Nervenzellen funktionieren, werden das Wesen der Informatik im kommenden Jahrtausend prägen. Doch vorerst existieren diese Maschinen bloss auf dem Papier, da sie ein ungeheures Durcheinander von Verbindungen voraussetzen. Um diese Schwierigkeit zu meistern, stellen die Forscher jetzt mit Lichtstrahlen Kontakte her.

An die Existenz und Funktion von Mikroprozessoren haben wir uns allmählich gewöhnt. Sie bilden ja das Herzteil nicht nur von Computern, sondern inzwischen ebenso von etlichen Haushaltsgeräten. Für die Zukunft sollte man sich aber auch schon den Ausdruck «Neuronales Netzwerk» merken. Er bezeichnet eine neue Generation von Datenverarbeitungsmaschinen, deren Funktionsweise den Gehirnzellen nachgebildet ist.

Ein neuronales Netzwerk ist ein Ensemble kleiner, dicht miteinander verbundener Schalteinheiten nach dem Vorbild der Neuronen im Gehirn, deren Nervenverbindungen richtige Knäuel bilden. Das Prinzip unterscheidet sich total von dem der heutigen Computer: es gibt kein Programm, keinen Hauptspeicher, und das System bleibt selbst bei einer teilweisen Zerstörung funktionsfähig.

Des Pudels Kern liegt nämlich im Aufbau des Netzes sowie der Art und Weise, wie sich die einzelnen «Zellen» gegenseitig zu beeinflussen vermögen. Das Konzept ist keineswegs leicht zu verstehen, vor allem wenn man sich dank der traditionellen Informatik daran gewöhnt hat, dass komplexe Aufgaben erst unterteilt und dann schrittweise gelöst werden. Bei einem Netzwerk ist das Gegenteil der Fall: sämtliche Neuronen treten gleichzeitig in Aktion, um rasch zu einer Lösung zu gelangen.

Es ist wahr, dass die Forscher selbst nicht immer genau wissen, was im Augenblick des Lernens geschieht, in jener entscheidenden Phase, während der das Netzwerk auf die Lösung eines Problems eingestellt ist. Trotzdem haben bereits einige ganz einfache neuronale Netzwerke ihr Vermögen unter Beweis gestellt. Das bekannteste unter ihnen, das 1985 in den USA entwickelte *Net talk*, hat gelernt, eine geschriebene Seite laut vorzulesen, ohne dass

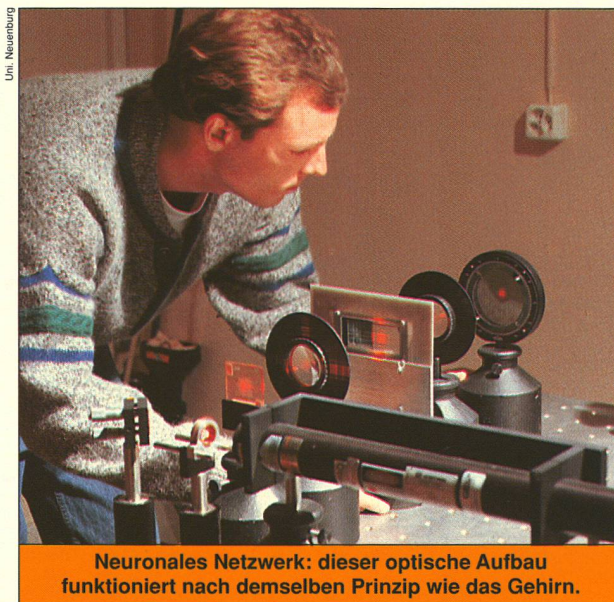
man ihm strikte Ausspracheregeln beibrachte.

Niemand behauptet zum jetzigen Zeitpunkt, dass neuronale Netzwerke die Computer ersetzen werden. Allein, es besteht kein Zweifel, dass sich die beiden Systeme ergänzen. Der beste Beweis dafür ist, wie sehr die Aktivitäten in den Forschungslabors während der letzten zehn Jahre zugenommen haben: hauptsächlich in den USA und Japan, wo die grossen Fernmeldegesellschaften Abermillionen in die Forschung stecken, denn sie erkennen die Chance, mit Hilfe neuronaler Netzwerke die grossen Probleme, vor denen die klassische Informatik versagt, zu meistern – etwa Schrifterkennung zum Zweck

automatischer Postsortierung, Objekterkennung für die Weiterentwicklung der Industrieroboter sowie Spracherkennung. Probleme also, die jedes Kind lösen kann, die aber die Fähigkeiten der leistungsstärksten Grossrechner übersteigen.

Indessen existieren die meisten der bisher entwickelten neuronalen Netzwerke erst in hypothetischer Form: die Forscher simulieren sie mit herkömmlichen Computern. Das Handicap bei der Entwicklung wirklicher Netzwerke besteht nämlich just in der riesigen Anzahl von Verbindungen, die zwischen den Neuronen nötig

sind. So erfordern tausend künstliche Neuronen (und das ist nur ein Zehntel soviel wie ein Mikroprozessor Transistoren hat) schon eine Million «Drähte», um vollständig miteinander in Kontakt zu sein. Die Herstellung eines solchen Schaltkreises bereitet Mikroelektronikern erhebliches Kopfzerbrechen, zumal elektrische Verbindungen, wenn sie so dicht gepackt werden, miteinander interferieren, was die Funktionsfähigkeit des Ganzen beeinträchtigt. Daher die Idee, Lichtstrahlen als Informationsträger zwischen den Neuronen einzusetzen, denn





Lichtstrahlen können sich ohne gegenseitige Störungen kreuzen.

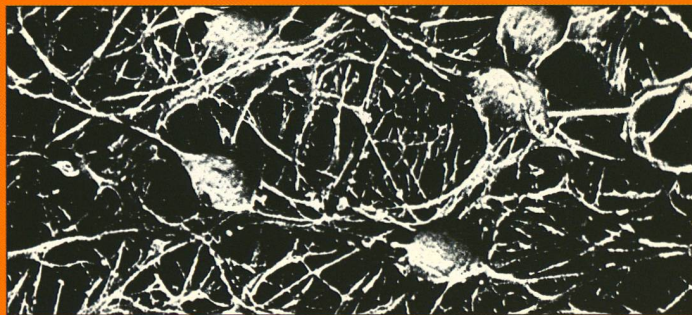
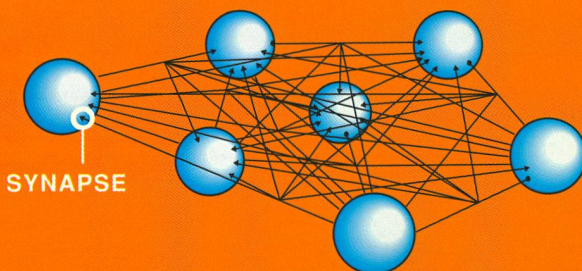
Obwohl die Wissenschaftler gegenwärtig in Sachen *Optical Computing* (Optische Computer) eine Menge unternehmen, haben erst ganz wenige Labors versucht, neuronale Netzwerke auf optischer Basis herzustellen. Eines davon ist die Gruppe von Prof. René Dändliker am Institut für Mikrotechnik der Uni Neuenburg.

Auf den ersten Blick sieht es so aus, als gehörte die optische Bank, welche die Ingenieure aufgebaut haben, zu einem klassischen Lichtbrechungs-Experiment. Da stehen ein Laser, Linsen und Photodetektoren in einer Reihe. Doch dieses eigentümliche Ensemble ist in der Lage, ganz für sich allein zu arbeiten und nach kurzem Aufflackern einen Buchstaben zu erkennen, selbst wenn er etwas deformiert ist (siehe Kasten). Damit lässt sich die Leistungsfähigkeit eines Netzwerks bewerten. Gewiss, die 121 optischen Neuronen lesen noch nicht Goethe im Urtext, aber ihr Schöpfer Ken Weible arbeitet darauf hin, dass sich das System eines Tages für Lektüre eignet.

Schon für die ersten Schritte auf diesem technologischen Neuland waren viel Phantasie und solides

Fachwissen vonnöten. So benutzten die Forscher beispielsweise besondere, in Zusammenarbeit mit der Firma Asulab entwickelte *räumliche Lichtmodulatoren*, bestehend aus Flüssigkristallzellen, die das Licht durchlassen oder nicht.

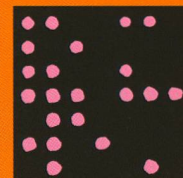
Das in Neuenburg hergestellte Netzwerk aus optischen Neuronen ist ein Erzeugnis der Grundlagenforschung. Es ist ein ausgeklügelter, aber noch sehr platzgreifender Laboraufbau, der immerhin zeigt, dass die Amerikaner und Japaner in bezug auf Innovationen nicht allein sind. Auch an den betreffenden Fachkongressen nehmen immer mehr Europäer teil. Um das experimentelle Dispositiv allerdings zur Entwicklungsreife zu bringen, bräuchte es technische Anlagen und Spezialisten, über die unser Land nicht verfügt. Und daher rührt eine grosse Sorge in weiten Teilen der schweizerischen Forschung. Aber was nicht ist, kann ja noch werden: das Parlament wird demnächst über einen 192-Millionen-Kredit für Schwerpunktprogramme auf den Gebieten der Optik, der Mikroelektronik und der Informatik zu beschliessen haben. Bleibt bloss noch, bei der Industrie Begeisterung zu wecken – was nicht mit Beihilfen allein getan werden kann.



Ein Neuronen-Netzwerk besteht aus lauter kleinen Schalteinheiten, die untereinander dicht verbunden sind. Alle Neuronen erhalten von ihren Nachbarn Informationen und senden ihnen welche. So beeinflusst jeder jeden, aber in verschiedener Weise. Man kann einem Netzwerk nämlich die Lösung einer bestimmten Aufgabe beibringen, indem man den Rang der Informationen abstuft, das heisst, indem man den Verbindungen zwischen den Neuronen (den sogenannten Synapsen) unterschiedliche Gewichte zuweist. Im Falle dieses schematischen Beispiels handelt es sich um ein ganz kleines Netzwerk, das aus nur sieben Neuronen besteht. Daneben eine Darstellung richtiger Neuronen, wie sie im Gehirn vorhanden sind.

### «L» wie Licht

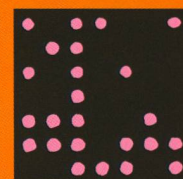
Ein Netzwerk aus 49 (7x7) optischen Neuronen, die alle untereinander verbunden sind, wurde auf Buchstabenerkennung eingestellt. Selbst wenn die Buchstaben, die es entziffern soll, nicht einwandfrei sind, gelangt es zur richtigen Lösung.



beschädigter  
Buchstabe F



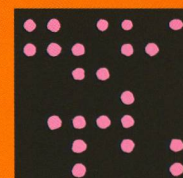
Buchstabe F  
erkannt



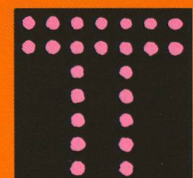
beschädigter  
Buchstabe L



Buchstabe L  
erkannt



beschädigter  
Buchstabe T



Buchstabe T  
erkannt