

## **DAS FEUERN DER SYNAPSEN.**

**Zu „nervOS nerv Operating System“ von Nicole A. Pruckermayr und Johannes M. Zmölnig**

erschieden 2001 in:

Herbert von Karajan Centrum (Hg.), *Star\_Project. Senso- and visionary links*. Wien, 79-93

star\_project 01



*„Man kann den Output eines Systems von biologischen Neuronen eher mit einem von einem grossen Orchester gespielten Musikstück vergleichen, zu dessen Wiedererkennung es nicht ausreicht zu wissen, wie oft jedes Instrument gewisse Töne spielt. Charakteristisch ist vielmehr, wie jeder Ton in eine Melodie oder in einen Akkord eingebettet ist.“<sup>1</sup>*

## Neuronale Netze

Ein Gehirn ist ein neuronales Netz. Es besteht aus einer Vielzahl an Neuronen (Nervenzellen), die über das synaptische Verhalten zwischen ihren Axonen (Ausgangskanäle) und Dendriten (Eingangskanäle) in Verbindung stehen und Information austauschen. Diese Kommunikation zwischen den Neuronen passiert sowohl biochemisch mithilfe sogenannter Botenstoffe (Neurotransmitter), als auch elektrisch. Das Aktionspotential elektrischer Synapsen ist äusserst schnell, sie kommen jedoch viel seltener vor als die chemischen Verbindungen. „Die Entscheidung darüber, ob ein Neuron ein Aktionspotential über sein Axon auslöst, hängt von der Gesamtheit der eingehenden Signale ab. Die elektrischen und chemischen Vorgänge, die sich an den Eingangssynapsen abspielen, ... entscheiden dadurch über seine (des Neurons - Anm.d.V.) Aktivität. ... Nach dem Auslösen des Aktionspotentials benötigt das Neuron eine Ruhephase von einigen msec, in der es nicht in der Lage ist, erneut ein Aktionspotential auszulösen. ... Die Koppelungsstärke und damit ihr Einfluss auf das postsynaptische Neuron verändert sich bei vielen Synapsen im Laufe einer längeren Zeitspanne mit ihrer Aktivität.“<sup>2</sup> Diese Koppelungsstärke wird auch als „synaptisches Gewicht“ eines Neurons bezeichnet.<sup>3</sup>

Wesentlich für das Funktionieren eines biologischen Gehirns ist neben dem Aufbau seiner Zellen und deren Verbindungen jedoch vor allem die neuronale Vernetzung. Diese kann als eine Verschaltungsstruktur der einzelnen Verbindungen angesehen werden, die zwischen den Neuronen herrschen. Man geht heute von einer Gesamtzahl von etwa 100 Billionen synaptischen Verbindungen im menschlichen Gehirn aus, die die Interaktion mit der Aussenwelt mithilfe komplexer Lernmethoden erst ermöglichen.

## Mentale und ästhetische Repräsentation

Die Wirklichkeit wie sie für uns existiert, ist eine konstruierte, d.h. sie entsteht in unserem Gehirn über die permanente Differenzierung und die mentale Repräsentation der Phänomene ausserhalb unseres Gehirns. „Um zu einem angemessenen Monitoring von dem Aussen und Innen der Welt zu gelangen, muss das Gehirn in der Lage sein, seine kognitiven Repräsentationen ständig ändern zu können, diese bisweilen sogar nicht zum Bewusstsein gelangen zulassen, damit die Handlungsvollzüge in ihrer Komplexität voll konzentriert erbracht werden können.“<sup>4</sup> Die komplexe Verschaltung der sensorischen (visuelles und auditives System, Somatosensorik), motorischen, assoziativen und integrativen Funktionen<sup>5</sup> des Gehirns machen im wesentlichen seine Leistungen aus. Zu ihnen gehören neben den kognitiven auch die basalen wie das vegetative, das autonome oder das limbische System, von denen vor allem letzterem die Fähigkeiten der emotionalen Bewertung zugeschrieben werden. Olaf Breidbach meint zur Frage der Repräsentation von Aussenwelt im Gehirn: „Ein Tier benötigt, das zeigen ethologische Analysen von Wirbellosen wie Käfern oder Krebsen, keine Repräsentation von ‚Welt‘, um sich in seinen Reak-

tionen zu optimieren. Sein Nervensystem generiert ein Verrechnungs- und Bewegungsprogramm, das sich in ein Umfeld einfügt.“<sup>6</sup> Unterschiedliche empirische Methoden bei der Erforschung der Hirnfunktionen haben zu theoretischen Modellen und Hypothesen geführt, die über das Funktionieren dieses neuronalen Netzes Auskunft zu geben versuchen. „Lernen“ kann dabei auch als eine Optimierung von Reaktionen auf die Umwelt verstanden werden.<sup>7</sup>

## Künstliche neuronale Netze

Ungeachtet der auf weite Strecken noch völlig im Dunkeln tappenden Hirnforschung hat sich im Bereich der Datenverarbeitung mittlerweile die Methode des künstlichen neuronalen Netzwerks durchgesetzt. Dieses geht von den autoreflexiven Fähigkeiten eines Systems von Datenmengen aus, d.h. dass diese nicht durch eine symbolische Beschreibung, sondern durch sich selbst repräsentiert werden. Wesentliche Voraussetzung für die Lernfähigkeit eines künstlichen neuronalen Netzwerks sind dabei die aus der Mathematik stammenden Lernregeln: „Eine Lernregel ist ein Algorithmus, für den ein neuronales Netz lernt, für eine gegebene Eingabe eine gewünschte Ausgabe zu liefern.“<sup>8</sup> Das Ziel einer Lernregel ist dabei, die Fehlerquote zwischen erwarteter und tatsächlicher Ausgabe zu minimieren.

Um die Arbeit „nervOS“ von Pruckermayr /Zmölnig in ihrem konzeptuellen Ansatz verstehen zu können, ist es notwendig, eine Ahnung von der Struktur neuronaler Netze zu haben. Dabei ist es vor allem die autoreflexive Funktion des Systems, die dieses so attraktiv macht. Denn wenn die eingespeicherten Daten nicht bloss durch externe Rechenfunktionen gesteuert werden, sondern etwa aufgrund ihres sogenannten „synaptischen Gewichts“<sup>9</sup>, dann ist das „Endprodukt“ auch in einer sich über einen bestimmten Zeitraum ziehenden Performance nicht vorhersehbar. Im Zusammenhang mit der Verankerung des Systems „Musik“ ist das insofern besonders spannend, als Komposition und Dirigieren ja immer mit strikten Vorgaben einerseits und Unvorhersehbarkeiten andererseits zu tun haben und erst in der und durch die Zeit als (Kunst)werk existieren.<sup>10</sup>

## nervOS

Die beiden KünstlerInnen haben ein neuronales Netz programmiert, dem als Datenmenge das gesamte digital verfügbare Werk Herbert von Karajans<sup>11</sup> zugrunde liegt. Sämtliche Aufzeichnungen seiner Werke liefern „nervOS“ die Basis an Grunddaten, die in situ mit den Daten der Töne aus der Aussenwelt vor dem HvKarajan-Centrum in Wien konfrontiert werden. Das Programm (die Algorithmen) würde den Lernprozess des Systems nun nur insofern steuern, als die einzelnen (künstlichen) Neuronen unvorherzusehende Inputs (Signale) aus der Aussenwelt erhalten können.<sup>12</sup> In welcher Form sie darauf reagieren, lässt sich für die BesucherInnen des Zentrums hautnah erleben: zwischen den Türstößen der Verbindungstüren der Ausstellungsräume bewegen sich axon- oder dendritenartige Auswüchse, deren Häufigkeit und Intensität an Bewegungen auf ihr synaptisches Gewicht schliessen lassen. Die ästhetische Repräsentation der neuronalen Prozesse ist bei „nervOS“ insofern genial-banal gelöst worden, als bloss die synaptische Arbeit der Neuro-

nen selbst repräsentiert wird; auf die Möglichkeit der akustischen Repräsentation infolge der vielstrapazierten Interaktivität wurde verzichtet. Die mediale Interaktion selbst passiert also unsichtbar und ist nur im Rechenablauf des Programms festzumachen.

Pruckermayr/Zmölnigs Arbeit lässt sich im Kontext eines vor allem von jüngeren WissenschaftlerInnen und KünstlerInnen auszumachenden Interesses an naturwissenschaftlichen Forschungen lesen. Die Beschäftigungen mit ästhetischen Komponenten wissenschaftlicher Experimente und umgekehrt der epistemischen Komponenten künstlerischen Arbeitens stehen dabei schon früh im Zentrum des Interesses von Pruckermayr und Zmölnig und sind an früheren Arbeiten wie „Petra“, „!7#/!“ oder „Recon“ bereits abzulesen. Dass die Biologin und der Informatiker im Kontext medienexperimenteller Kunst zusammengefunden haben, ist typisch für künstlerisches Arbeiten des 21. Jahrhunderts: nicht die Produktion singulärer Kunstwerke, sondern das Experimentieren mit dem prozessualen Entstehen von Systemen steht dabei im Vordergrund: egal, ob auf soziale, politische oder kulturelle Felder abzielend.

<sup>1</sup> Maass, Wolfgang: Das Menschliche Gehirn - nur ein Rechner? In: Burkard, Rainer E./ ders./Weibel, Peter (Hg.) (2000): Zur Kunst des formalen Denkens. Passagen, Wien, S.225, zit. nach: Pruckermayr, Nicole A./Zmölnig, Johannes M. (2001): nervOS. Nerv Operating System. <http://umlaeute.mur.at/nos/herb/> (06.06.01)

<sup>2</sup> Hedrich, Reiner (1998): Erkenntnis und Gehirn. Schöningh, Paderborn u.a., S. 237

<sup>3</sup> Das synaptische Gewicht ist die Stärke der Verbindung zwischen zwei Neuronen bzw. die von einem ausgesandte Aktivität. Ein Lernalgorithmus etwa - die Hebbsche Regel - besagt, dass ein aktives (künstliches) Neuron bei Eingabe eines Signals von einem anderen aktiven Neuron die Verbindung stärken soll. Umgekehrt verringert sich das synaptische Gewicht, wenn ein Neuron inaktiv ist.

<sup>4</sup> Linke, Detlef (1999): Das Gehirn. C.H.Beck, München, S. 37

<sup>5</sup> Vgl. Hedrich (1998): S. 244ff

<sup>6</sup> Breidbach, Olaf (2000): Das Anschauliche oder über die Anschauung von Welt. Springer, Wien, S.74

<sup>7</sup> Ein weit verbreitetes Modell des Funktionierens von Gehirnen ist jenes, das das biologische System mit dem von Computern vergleicht. Dabei wird vom Neumannschen Rechenmaschinen-Modell der Trennung von Daten und Programm ausgegangen. Vor allem Marvin Minsky und Hans Moravec haben zur Verbreitung dieser Anschauung dazu beigetragen, indem sie die Utopie der Auflösung des menschlichen Körpers als nutzloses Anhängsel des Geistes als Endziel ihrer Thesen sehen: dabei wird jedoch von den Anhängern dieses Geist-Körper-Dualismus übersehen, dass das somatische System des Körpers überhaupt erst das auf Differenzierung basierende neuronale System des Gehirns und seine Lernfähigkeit ermöglicht.

<sup>8</sup> <http://www.pri.univie.ac.at/~schiki/unterlagen/nn/NeuronaleNetzwerke/Kapitel3/img016.htm> (06.06.01)

<sup>9</sup> Siehe Anmerkung 3

<sup>10</sup> Natürlich existiert diese Kunstform immer auch sehr stark in ihrem konzeptuellen Charakter, was umso mehr die Ähnlichkeit zur Virtualität eines neuronalen Netzes assoziiert.

<sup>11</sup> Hier sind die Audio-Aufnahmen von Herbert von Karajan dirigierten Werken gemeint.

<sup>12</sup> Tatsächlich lernt das neuronale Netzwerk in der beschriebenen Situation nicht mehr, auch um auf die historische „Abgeschlossenheit“ der Werke Karajans zu verweisen.