
Neuronen

1. Biologische Neuronen

Neuronen sind Zellen, die Signale empfangen, verarbeiten und aussenden können. In Abb. 1 geht von dem Neuron 1 eine lange Nervenfaser (**Axon** genannt) und koppelt über eine so genannte **Synapse** an eine Nervenfaser (**Dendrit**) eines Neuron 2. Über diese Verbindung können nun Signale von dem Neuron 1 an das Neuron 2 übertragen werden. Dieses Neuron 2 verarbeitet die Signale, die von sie von ihren sämtlichen Dendriten erhält und gibt das resultierende Signal über ein Axon aus; dieses Axon kann verzweigen, so dass das Ausgangssignal von unserem Neuron 2 auch zu mehreren anderen Neuronen gelangen kann. Bei der Verarbeitung kommt es darauf an, wie stark die empfangenen Signale sind und ob sie **erregend** oder **hemmend** wirken. Wie stark ein empfangenes Signal ist, hängt nicht nur davon ab, wie stark es ausgesendet wird, sondern auch davon, wie stark die Kopplung von Axon und Dendrit ist. Die verschiedenen Stärken dieser Kopplung macht die neuronale Struktur unseres Gehirns aus; Lernen bedeutet, diese Kopplungen zu verändern.

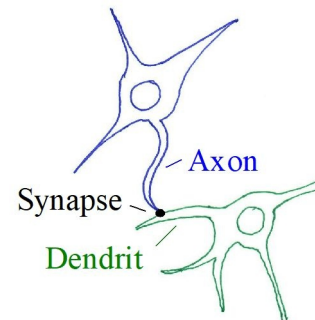


Abbildung 1

2. Künstliche Neuronen

Künstliche Neuronen können wir uns als Objekte vorstellen: Diese haben eine Reihe von Eingängen, die den Dendriten entsprechen. Die Stärke der Signale wird durch Zahlenwerte beschrieben; positive Werte stehen für eine erregende Wirkung, negative für eine hemmende. Die Eingangssignale werden verarbeitet und über einen Ausgang (der dem Axon entspricht) an andere Neuronen weitergegeben.

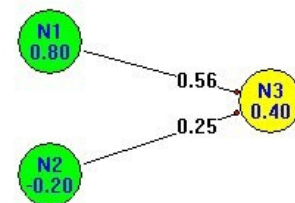


Abbildung 2

2.1 Abb. 2 zeigt ein Neuron N3, welches Signale von den beiden Neuronen N1 und N2 erhält. Das Signal, welches vom Neuron N1 ausgeht, wird nun nicht in gleicher Stärke beim Neuron N3 ankommen; die unterschiedliche Kopplung von Axon und Dendrit berücksichtigen wir, indem wir die Ausgangswerte a_1 und a_2 der Neuronen N1 und N2 mit Zahlen w_1 und w_2 multiplizieren. (In Abb. 2 sind es die Werte 0,56 und 0,25.) Diese Produkte bestimmen die Eingangswerte unseres Neurons N3; sie werden zu einem einzigen Wert i zusammen gefasst, der "gewichteten Summe" von a_1 und a_2 :

$$i = w_1 \cdot a_1 + w_2 \cdot a_2$$

Die Werte w_1 und w_2 bezeichnet man als **Gewichte**, sie können positiv (erregend), Null (wirkunglos) oder negativ (hemmend) sein.

Neuronen

- 2.2 Diesen Eingangswert verarbeitet nun unser Neuron N3. Diese Verarbeitung lässt sich durch eine so genannte **Aktivierungsfunktion** beschreiben. Im einfachsten Fall benutzt man für eine **Schwellwertfunktion**:

$$f_{\text{Schwellwert}}(i) = \begin{cases} 1 & \text{für } i \geq \vartheta \\ 0 & \text{sonst} \end{cases}$$

Dabei wird die Größe ϑ als **Schwellwert** bezeichnet: Wenn der Wert i größer oder gleich dem Schwellwert ist, dann ist der Ausgangswert gleich 1, sonst 0.

Häufig benutzt man aber als Aktivierungsfunktionen andere Funktionen; so sind z. B. für die Anwendung des Backpropagations-Verfahrens differenzierbare Aktivierungsfunktionen erforderlich.

Das Programm Netz32 stellt mehrere Aktivierungsfunktionen zur Verfügung. Alle setzen sich aus 3 Schritten zusammen:

1. Schritt: Einführung eines Schwellwertes :

$$x = i - \vartheta$$

2. Schritt: Eigentliche Verarbeitung durch eine der folgenden 4 Funktionen:

$$y = f(x) = \frac{1}{1 + e^{-p \cdot x}} \quad (\text{zur Bedeutung von } p \text{ s. u.})$$

$$y = f_p(x) = \tanh(p \cdot x) = \frac{e^{p \cdot x} - e^{-p \cdot x}}{e^{p \cdot x} + e^{-p \cdot x}}$$

$$y = f(x) = \begin{cases} -1 & \text{für } x < 0 \\ +1 & \text{sonst} \end{cases}$$

$$y = f_p(x) = \begin{cases} -1 & \text{für } p \cdot x < -1 \\ p \cdot x & -1 < p \cdot x < 1 \\ +1 & p \cdot x \geq 1 \end{cases}$$

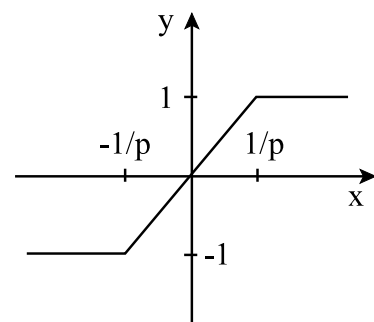


Abbildung 3

Die dritte Funktion ist unstetig: An der Stelle 0 macht ihr Graph einen Sprung. Die letzte Funktion entfernt diesen Sprung, indem hier auf dem Intervall $[-1/p; +1/p]$ eine lineare Funktion vorliegt, vgl. Abb. 3. Der Parameter p beschreibt hier, wie steil dieser Übergang ist: Je größer p ist, desto rascher ist der Übergang.

Neuronen

Die ersten beiden Funktionen ähneln der letzten Funktion; allerdings sind diese beiden Funktionen nicht nur stetig, sondern auch differenzierbar.

3. Schritt (optional)

Meist stellt unser y -Wert aus dem 2. Schritt schon den Ausgangswert unseres Neurons dar. In manchen Fällen ist es sinnvoll, als Ausgangswerte nur 1 und 0 zuzulassen. In diesem Fall benutzt man als Ausgangswert

$$z = \begin{cases} 1 & \text{für } y \geq \xi \\ 0 & \text{sonst} \end{cases},$$

wobei hier ξ einen Schwellenwert für den Ausgang bedeutet.

- 2.3 Wie sich unser künstliches Neuron N3 verhält, hängt neben den Ausgangswerte a_1 und a_2 der Neuronen N1 und N2 von den Gewichten, den benutzten Aktivierungsfunktionen sowie den Schwellenwerten ab. Dies kann man an dem Test-Neuron von **Netz32** eingehend studieren: Hier werden die Ausgangswerte a_1 und a_2 in den grün unterlegten Feldern eingetragen; darunter gibt man die Gewichte ein. In dem grauen Neuronenfeld stellt man die Verarbeitungsart ein; dabei wird unsere erste Verarbeitungsart aus Schritt 2 (s. o.) als Sigmoid bezeichnet. Ansonsten sind alle Bezeichnungen so wie oben eingeführt.

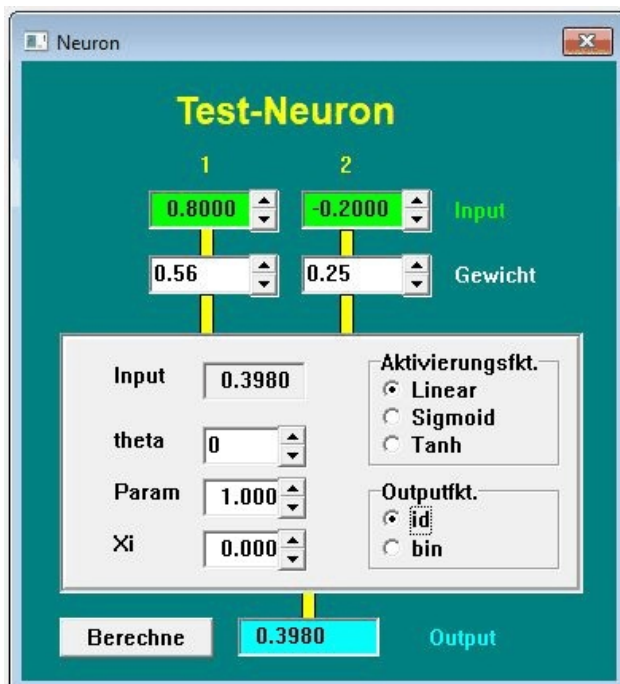


Abbildung 4