

## Übung zur theoretischen Physik neuronaler Informationsverarbeitung (Prof. J. L. van Hemmen)

### Aufgabe 1: „Integrate and fire“ Neuronenmodell

Das „Integrate and fire“ Neuronenmodell eines Neurons mit Membranpotential  $V(t)$ , Zeitkonstante  $\tau$  und Input-Strom  $I(t)$  wird beschrieben durch die Modellgleichung

$$\dot{V}(t) = -\frac{1}{\tau}V(t) + I(t). \quad (1)$$

Das Neuron mit Schwelle  $\vartheta$  erzeugt ein Aktionspotential zum Zeitpunkt  $t_0$ , falls

$$V(t_0) = \vartheta. \quad (2)$$

Unmittelbar nach dem Aktionspotential wird das Membranpotential wieder auf null zurückgesetzt und der durch Gleichung (1) beschriebene Prozess startet neu.

1. Berechnen Sie die Raten-Input-Funktion (Rate der Aktionspotentiale in Abhängigkeit des Stroms) bei konstantem Input-Strom  $I_0$ .
2. Berechnen Sie das exzitatorische postsynaptische Potential  $V(t)$  (EPSP) für einen mit Zeitkonstante  $\tau_s$  exponentiell abfallenden synaptischen Input-Strom, also

$$I(t) = I_0 e^{-t/\tau_s}. \quad (3)$$

für  $t \geq 0$ , mit Anfangsbedingung  $V(0) = 0$ . Was ergibt sich für  $\tau_s = \tau$ ?

3. Was ist die Lösung von (1) für einen pulsformigen Input-Strom  $I(t) = \delta(t - t_0)$ ,  $t_0 > 0$ , mit Anfangsbedingung  $V(0) = 0$ ?
4. Stellen Sie die Lösung  $V(t) = \varepsilon(t)$  von (1) für einen beliebigen Input-Strom  $I(t) = \alpha(t)$ ,  $\alpha(t) = 0$  für  $t \leq 0$ , mit Anfangsbedingung  $V(0) = 0$  als Integral dar.
5. Das Neuron erhalte über Synapsen der Stärke  $J_j$  zu den Zeiten  $t_j^f$  Input-Ströme  $J_j \alpha(t - t_j^f)$ . Zeigen Sie, dass das „Integrate and fire“ Neuronenmodell ein Spezialfall des Spike-Response-Modells ist, indem Sie das Membranpotential  $V(t)$  des „Integrate and fire“ Neuronenmodells darstellen durch

$$V(t) = \sum_f \eta(t - t^f) + \sum_{j,f} J_j \varepsilon(t - t_j^f). \quad (4)$$