

# NEURONALE SIGNALVERARBEITUNG

Julia Meskauskas und Paul Eichinger

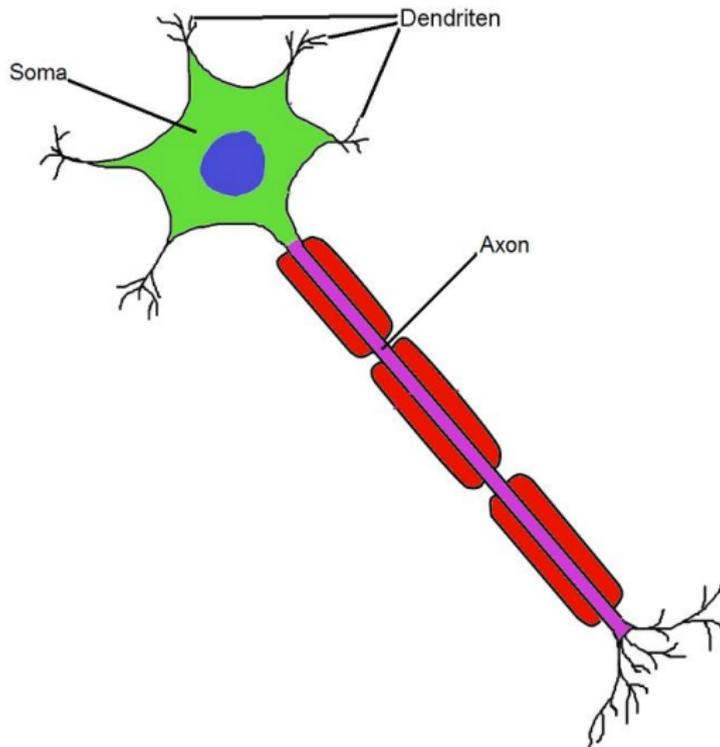
Institut für Angewandte Mathematik

WWU MÜNSTER

Abschlusspräsentation am 08.07.2008



# AUFBAU EINER NERVENZELLE



# FUNKTIONSPRINZIP EINER NERVENZELLE

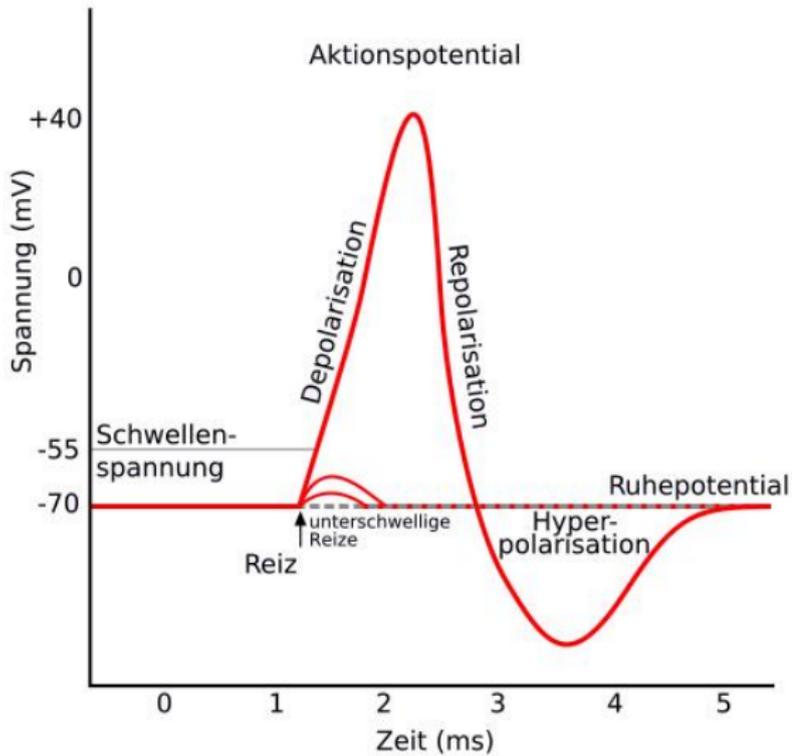
- Empfang einer Erregung über die Dendriten
- Verarbeitung der eintreffenden Signale im Soma
- Erregungsweiterleitung über das Axon

- Erregungen werden innerhalb einer Nervenzelle über das elektrische Potential der Zellmembran weitergeleitet.
- Als Aktionspotential bezeichnet man eine charakteristische Auslenkung des Membranpotentials aus seiner Ruhelage.
- Aktionspotentiale werden nach einem "Alles-oder-Nichts-Prinzip" erzeugt: Das Membranpotential muss einen gewissen Schwellwert überschreiten, um ein Aktionspotential auszulösen, dessen Form dann unabhängig von der Stärke des Reizes ist.

- Erregungen werden innerhalb einer Nervenzelle über das elektrische Potential der Zellmembran weitergeleitet.
- Als Aktionspotential bezeichnet man eine charakteristische Auslenkung des Membranpotentials aus seiner Ruhelage.
- Aktionspotentiale werden nach einem "Alles-oder-Nichts-Prinzip" erzeugt: Das Membranpotential muss einen gewissen Schwellwert überschreiten, um ein Aktionspotential auszulösen, dessen Form dann unabhängig von der Stärke des Reizes ist.

- Erregungen werden innerhalb einer Nervenzelle über das elektrische Potential der Zellmembran weitergeleitet.
- Als Aktionspotential bezeichnet man eine charakteristische Auslenkung des Membranpotentials aus seiner Ruhelage.
- Aktionspotentiale werden nach einem "Alles-oder-Nichts-Prinzip" erzeugt: Das Membranpotential muss einen gewissen Schwellwert überschreiten, um ein Aktionspotential auszulösen, dessen Form dann unabhängig von der Stärke des Reizes ist.

# AKTIONSPOTENTIAL

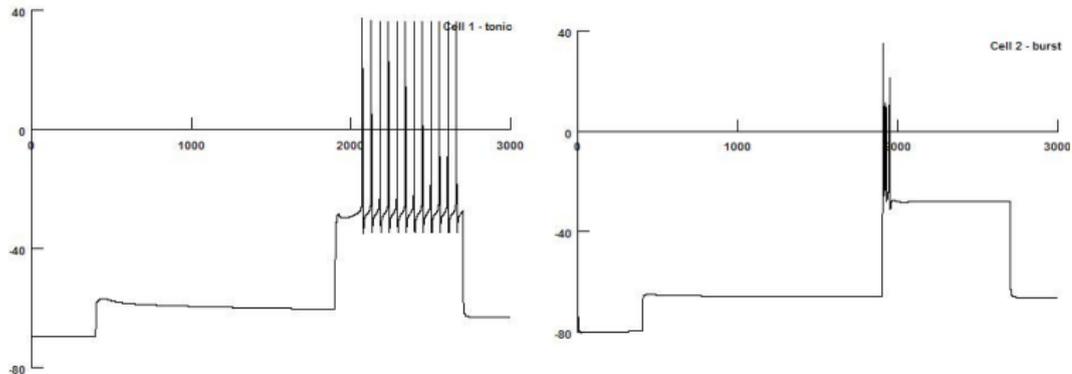


- Ionenkanäle ermöglichen Ionen das Durchqueren der Zellmembran.
- Die Aktivität der Kanäle lässt sich regulieren (z.B. durch pH-Wert, Botenstoffe oder das Membranpotential)
- Für unsere Modelle relevante Kanäle transportieren Kalium-, Natrium- und Calciumkationen.

- Ionenkanäle ermöglichen Ionen das Durchqueren der Zellmembran.
- Die Aktivität der Kanäle lässt sich regulieren (z.B. durch pH-Wert, Botenstoffe oder das Membranpotential)
- Für unsere Modelle relevante Kanäle transportieren Kalium-, Natrium- und Calciumkationen.

- Ionenkanäle ermöglichen Ionen das Durchqueren der Zellmembran.
- Die Aktivität der Kanäle lässt sich regulieren (z.B. durch pH-Wert, Botenstoffe oder das Membranpotential)
- Für unsere Modelle relevante Kanäle transportieren Kalium-, Natrium- und Calciumkationen.

Bei thalamokortikalen Schaltneuronen findet man zwei unterschiedliche Aktivitätsmuster:



In das Modell einbezogen werden Ionenströme (Kalium und Natrium), ein Leckstrom und ein von außen applizierter Strom:

$$C_m \frac{dV(t)}{dt} = I_{ionic} + I_{inj}$$

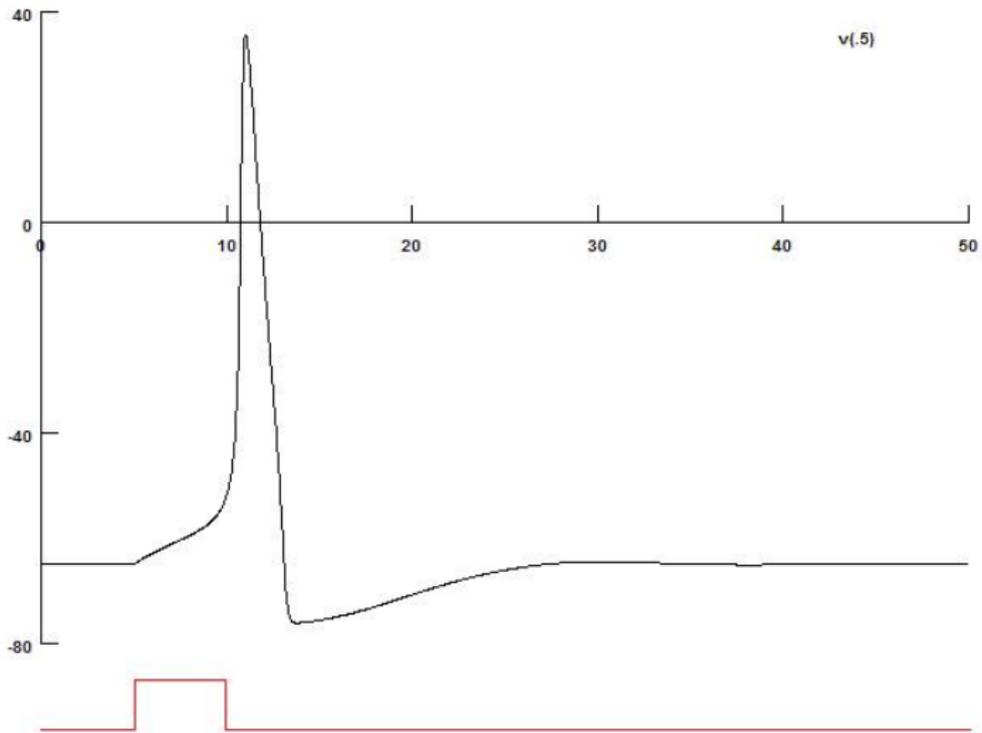
$$I_{ionic} = I_K + I_{Na} + I_{leak}$$

$$C_m \frac{dV(t)}{dt} = \bar{G}_{Na} m^3 h (E_{Na} - V) + \bar{G}_K n^4 (E_K - V) + \bar{G}_m (V_{rest} - V) + I_{inj}$$

$$\frac{dn}{dt} = \alpha_n (1 - n) - \beta_n n$$

$$\frac{dm}{dt} = \alpha_m (1 - m) - \beta_m m$$

$$\frac{dh}{dt} = \alpha_h (1 - h) - \beta_h h$$



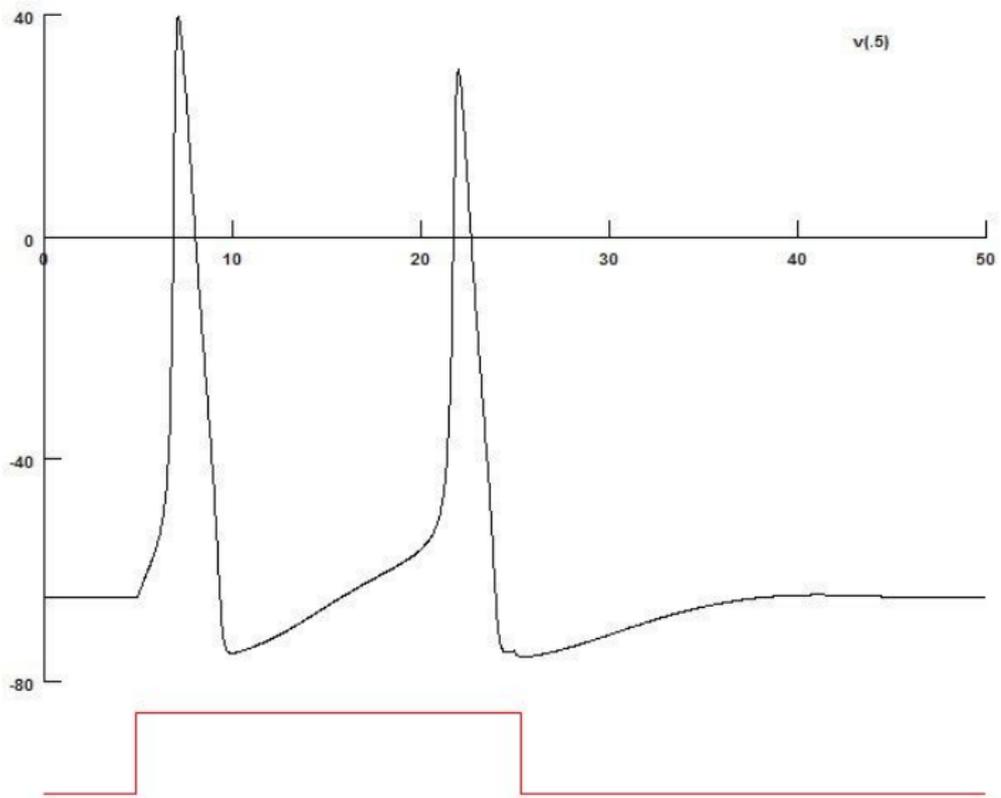
- Nach Depolarisation über den Schwellwert (etwa 20 mV über dem Ruhepotential), wird der Ausstrom von Kaliumionen verhindert.
- Gleichzeitig gehen die Natriumkanäle in den offenen Zustand über und Natriumionen strömen in die Zelle. Dies führt zur raschen Depolarisation der Zellmembran.
- Noch vor Erreichen des Potentialmaximums schließen sich die Natriumkanäle. Gleichzeitig ermöglichen spannungsabhängige Kaliumkanäle den Ausstrom von Kaliumionen, das Membranpotential wird repolarisiert.
- Da die Kaliumkanäle verhältnismäßig langsam auf Potentialänderungen reagieren, findet eine Nachhyperpolarisation statt.

- Nach Depolarisation über den Schwellwert (etwa 20 mV über dem Ruhepotential), wird der Ausstrom von Kaliumionen verhindert.
- Gleichzeitig gehen die Natriumkanäle in den offenen Zustand über und Natriumionen strömen in die Zelle. Dies führt zur raschen Depolarisation der Zellmembran.
- Noch vor Erreichen des Potentialmaximums schließen sich die Natriumkanäle. Gleichzeitig ermöglichen spannungsabhängige Kaliumkanäle den Ausstrom von Kaliumionen, das Membranpotential wird repolarisiert.
- Da die Kaliumkanäle verhältnismäßig langsam auf Potentialänderungen reagieren, findet eine Nachhyperpolarisation statt.

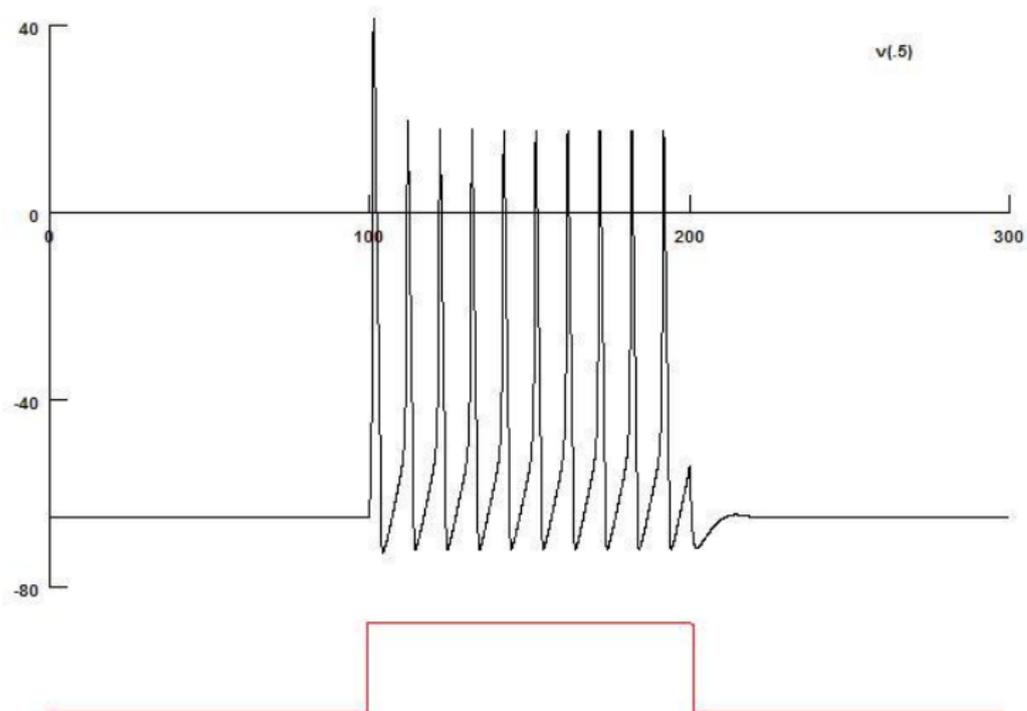
- Nach Depolarisation über den Schwellwert (etwa 20 mV über dem Ruhepotential), wird der Ausstrom von Kaliumionen verhindert.
- Gleichzeitig gehen die Natriumkanäle in den offenen Zustand über und Natriumionen strömen in die Zelle. Dies führt zur raschen Depolarisation der Zellmembran.
- **Noch vor Erreichen des Potentialmaximums schließen sich die Natriumkanäle. Gleichzeitig ermöglichen spannungsabhängige Kaliumkanäle den Ausstrom von Kaliumionen, das Membranpotential wird repolarisiert.**
- Da die Kaliumkanäle verhältnismäßig langsam auf Potentialänderungen reagieren, findet eine Nachhyperpolarisation statt.

- Nach Depolarisation über den Schwellwert (etwa 20 mV über dem Ruhepotential), wird der Ausstrom von Kaliumionen verhindert.
- Gleichzeitig gehen die Natriumkanäle in den offenen Zustand über und Natriumionen strömen in die Zelle. Dies führt zur raschen Depolarisation der Zellmembran.
- Noch vor Erreichen des Potentialmaximums schließen sich die Natriumkanäle. Gleichzeitig ermöglichen spannungsabhängige Kaliumkanäle den Ausstrom von Kaliumionen, das Membranpotential wird repolarisiert.
- Da die Kaliumkanäle verhältnismäßig langsam auf Potentialänderungen reagieren, findet eine Nachhyperpolarisation statt.

Als Refraktärzeit bezeichnet man die Zeitspanne nach einem Aktionspotential, in der die Auslösung eines weiteren Aktionspotentials erschwert bzw. unmöglich ist.



# TONISCHES FEUERVERHALTEN



- Der H-Strom wird von  $Na^+$ - und  $K^+$ -Ionen getragen.
- Er wird über intrazellulär gebundene  $Ca^{2+}$ -Ionen reguliert.
- Die Aktivierung erfolgt durch Hyperpolarisation des Membranpotentials.

- Der H-Strom wird von  $Na^+$ - und  $K^+$ -Ionen getragen.
- Er wird über intrazellulär gebundene  $Ca^{2+}$ -Ionen reguliert.
- Die Aktivierung erfolgt durch Hyperpolarisation des Membranpotentials.

- Der H-Strom wird von  $Na^+$ - und  $K^+$ -Ionen getragen.
- Er wird über intrazellulär gebundene  $Ca^{2+}$ -Ionen reguliert.
- Die Aktivierung erfolgt durch Hyperpolarisation des Membranpotentials.

$$I_h = \bar{G}_h S_1 F_1 (V - E_h)$$

$$\frac{dS_1}{dt} = \alpha_S S_0 + \beta_S S_1$$

$$\frac{dF_1}{dt} = \alpha_F F_0 + \beta_F F_1$$

- Der T-Strom wird von  $Ca^{2+}$ -Ionen getragen.
- Der Schwellenwert liegt sehr niedrig, so dass bereits geringe Depolarisation den T-Strom auslösen kann.
- Auf dem für den T-Strom typischen "Hügel" sitzen mehrere Peaks.

- Der T-Strom wird von  $Ca^{2+}$ -Ionen getragen.
- Der Schwellenwert liegt sehr niedrig, so dass bereits geringe Depolarisation den T-Strom auslösen kann.
- Auf dem für den T-Strom typischen "Hügel" sitzen mehrere Peaks.

- Der T-Strom wird von  $Ca^{2+}$ -Ionen getragen.
- Der Schwellenwert liegt sehr niedrig, so dass bereits geringe Depolarisation den T-Strom auslösen kann.
- Auf dem für den T-Strom typischen "Hügel" sitzen mehrere Peaks.

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!