# Eine Anwendung des Reinforcement Learning zur Regelung dynamischer Systeme

## Aktueller Status

Jonas Helmut Wilinski

Statusgespräch, Mittwoch 18. Juli 2018

# Bisherige Schritte

## Literaturphase

- Mehrere Paper & Fachliteratur gelesen und zusammengefasst
  - Bücher:
    - Stuart Russell, Peter Norvig - Artificial Intelligence - A Modern Approach (2010, Prentice Hall)
    - Raúl Rojas (auth.) - Theorie der neuronalen Netze - Eine systematische Einführung (1993, Springer-Verlag Berlin Heidelberg)
    - Steven H. Strogatz - Nonlinear Dynamics and Chaos - With Applications to Physics, Biology, Chemistry, and Engineering (1994, Westview Press)
    - **Wulfram Gerstner, Werner M. Kistler, Richard Naud, Liam Paninski - Neuronal Dynamics - From Single Neurons to Networks and Models of Cognition (2014, Cambridge University Press)**
  - Fachartikel:
    - Lechner (et al) - Worm-level control through search-based reinforcement learning
    - Lechner (et al) - Neuronal Circuit Policies
    - SIM-CE - An advanced Simulink platform for studying the brain of C. elegans
    - ...
  - Kurse:
    - Reinforcement Learning by David Silver (Google DeepMind – UCL)

# Bisherige Schritte

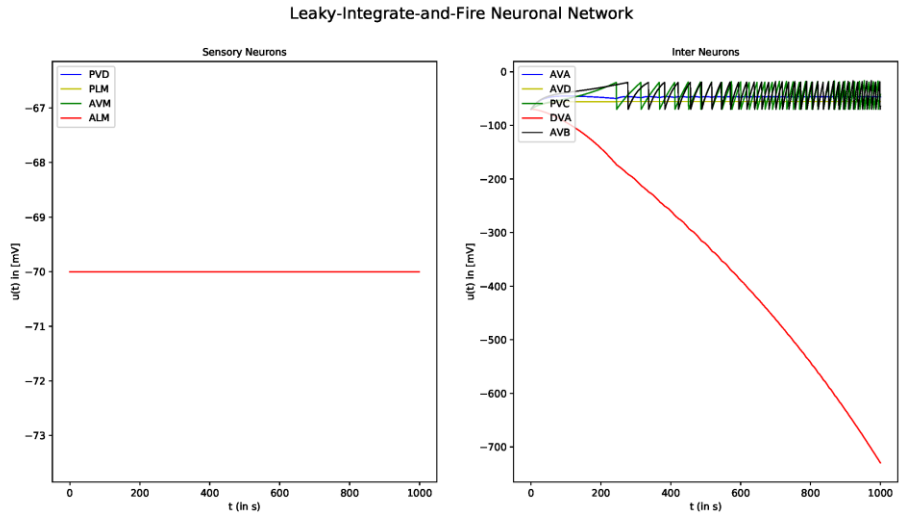
## Implementierung des Leaky Integrate and Fire - Modells

- Programmiersprache: `Python`
- Leaky Integrate and Fire - Modell:
  - Lösung der Differentialgleichung durch nummerische Verfahren:
    - Euler-Verfahren
    - **Runge-Kutta 2. & 4. Ordnung**
  - Darstellung durch die Python-Library `Matplotlib`

# Bisherige Schritte

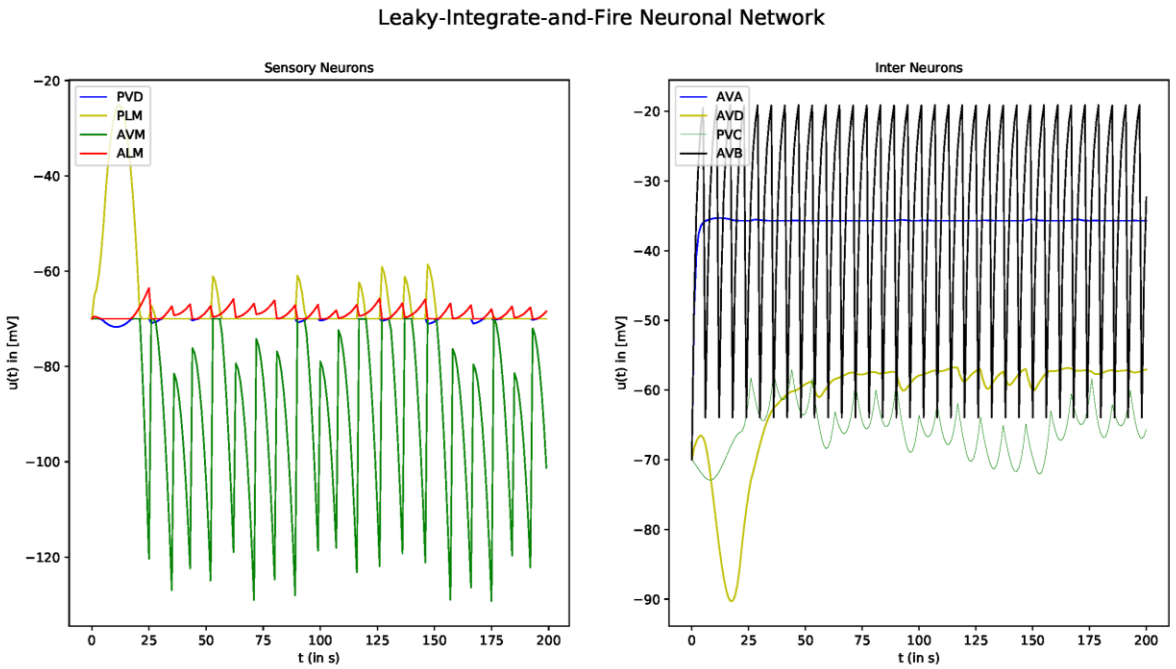
## Implementierung des Neuronalen Netzes

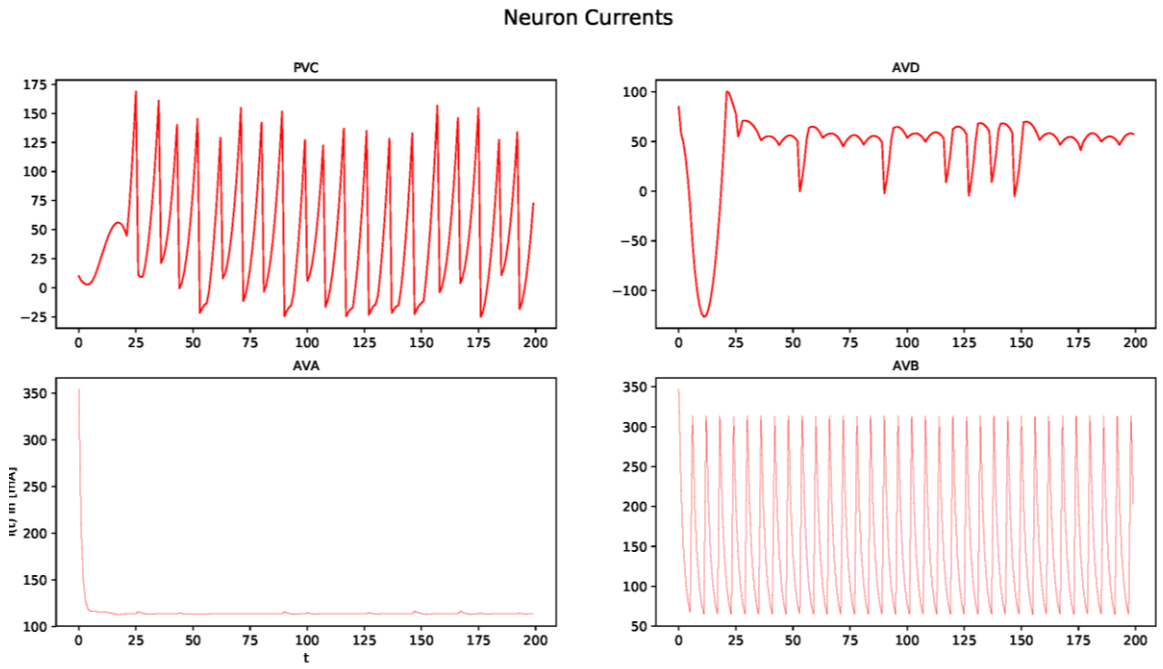
- Implementierung durch Nutzung von Transitionsmatrizen $A, A_{Gap}, B, B_{Gap}$, um die Verbindungen zwischen Neuronen darzustellen
- Parameter $U_{leak}, w, \sigma, C_m, G_{leak}$ sind ebenfalls anhand der Transitionsmatrizen angeordnet
- Das `compute`-Modul berechnet durch die Modellgleichungen die Spannungen der Synapsen bzw. Gap-Junctions und folglich die Membranpotentiale der Neuronen
- Dadurch kommt es zu den fire-Ereignissen und die Motor-Neuronen werden angeregt



# Bisherige Schritte

## Implementierung des Neuronalen Netzes



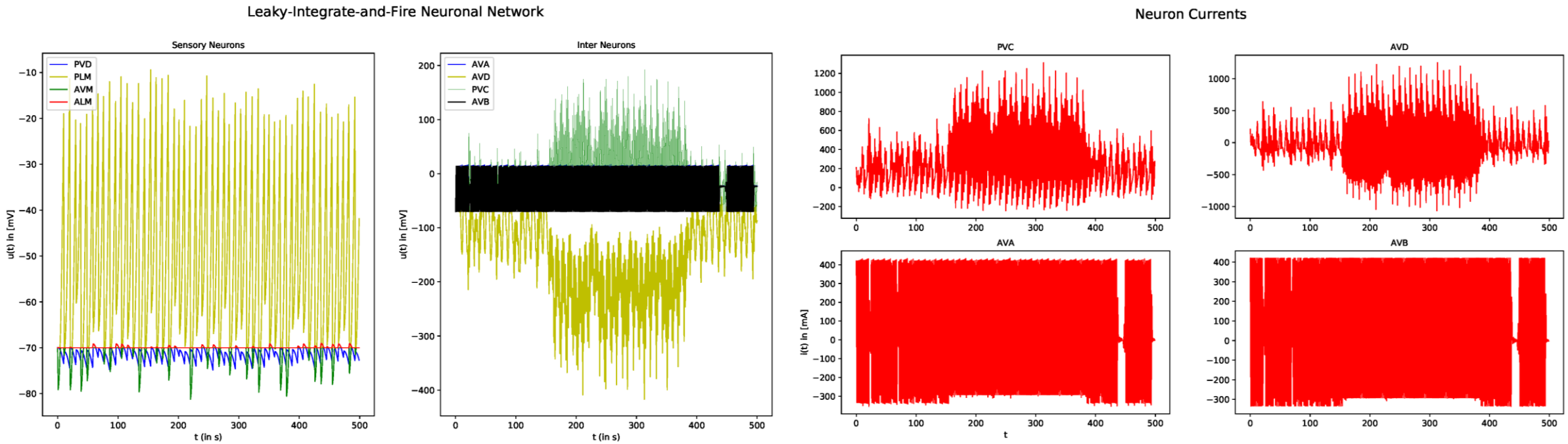
# Bisherige Schritte

## Implementierung des Neuronalen Netzes mit symmetrischen Komponenten

- Aufgrund unsymmetrischen Verhalten der Neuronen wurde das bestehende neuronale Netz leicht verändert und symmetrisch aufgestellt
- Transitionsmatrizen $A, A_{Gap}, B, B_{Gap}$ wurden entsprechend angepasst
- Parameter $U_{leak}, w, \sigma, C_m, G_{leak}$ werden nun via Random Search erzeugt
- Eine Rückführung der Observation von Winkel $\varphi$ des Pendels und Geschwindigkeit $v$ des Carts in die Eingangsneuronen bildet das geschlossene Simulationsmodell
- Durch 10.000 Episoden werden mittels Reinforcement Learning die besten Parametermatrizen herausgefiltert

# Bisherige Schritte

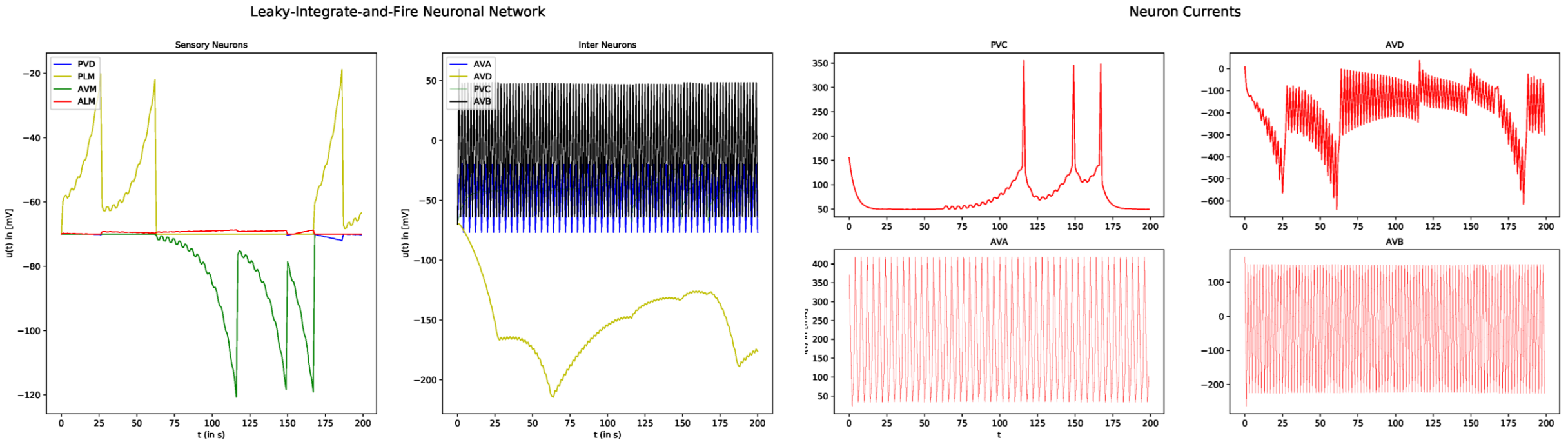
## Implementierung des Neuronalen Netzes mit symmetrischen Komponenten



# Bisherige Schritte

## Implementierung des Neuronalen Netzes mit symmetrischen Komponenten

- Der bisher beste Parametersatz hat einen Score in der OpenAI Gym Library von 31/200
- Dieser Score ist nicht sehr gut – jedoch wurde er lediglich durch Random Search herausgefunden:



# Geplante Schritte

## Erweiterung der Lernmethode

- Durch RandomSearch werden zufällige Werte generiert – es liegt kein tieferer Sinn hinter dieser Methode
- State of the Art Algorithmen nutzen verschiedene Methoden, um gezielter zu suchen bzw. zu lernen:
  - Gradiend-Based Methoden schauen nach der Tendenz der Parameter und suchen in eine gezielte Richtung
  - Genetische Algorithmen nutzen die gut verstandene Evolutionstheorie um Populationen zu bilden und diese durch Fit und Mutation in eine Richtung zu lernen
  - Kostenfuktionen
- Geplant ist, den RandomSearch Score mit diesen Algorithmen zu vergleichen und einen besseren Score zu erziehlen
  - Dies erfordert eine erweiterte und umfangreiche Programmierung in Python (da dieser Ansatz des Reinforcement Learning) keine Toolboxes hat

# Ressourcen

**Lehrstuhl für Regelungstechnik**
**Technische Fakultät der CAU Kiel**

Programme und Code
auf GitHub
(J0nasW/BA)

Environment:
OpenAI Gym
(CartPole_v0)

Programmiersprache:
Python 2.7
(Atom Editor)