



Certificate of Advanced Studies

# Artificial Intelligence

Die künstliche Intelligenz dringt in alle Bereiche des privaten und beruflichen Alltags ein. Lernen Sie in diesem CAS die modernsten Methoden kennen, um Anwendungen in Business, Dienstleistungen, Technologie und Industrie zu entwickeln. Die zwei Schwerpunkte dieses CAS liegen auf Deep Learning und Reinforcement Learning.

# Inhaltsverzeichnis

1	Umfeld	3
2	Zielpublikum	3
3	Ausbildungsziele	3
4	Voraussetzungen	3
5	Unterrichtssprache	4
6	Durchführungsort	4
7	Kompetenzprofil	4
8	Kursübersicht	5
9	Didaktik	5
10	Kursbeschreibungen	5
11	Einführung in AI	5
11.1	Einführung in die AI-Grundtechniken	5
11.2	Fundamentale Neuronale Netzwerke	6
11.3	Convolutional Neuronal Networks (CNN)	6
11.4	Transformer	6
11.5	Grundlagen von Deep Reinforcement Learning	6
11.6	Value based Methoden - Monte Carlo Methoden	6
11.7	Value based Methoden - Temporal Difference (TD) Methoden	6
11.8	Value based Methoden - Einführung in klassisches Deep Q-Learning	6
11.9	Value based Methoden - Deep Q-Learning-Erweiterungen	6
11.10	Value based Methoden - Branching Deep Q-Learning - ein Verfahren für stetige Aktionswerte	7
11.11	Einführung in Policy based Methoden - Black Box Optimierung	7
11.12	Policy based Methoden - -REINFORCE	7
11.13	Policy based Methoden - Proximal Policy Optimization (PPO)	7
11.14	Einführung in kombinierte Value- und Policy-Methoden	7
11.15	Kombinierte Methoden - Deep Deterministic Policy Gradient (DDPG) für stetige Aktionen	7
11.16	Kombinierte Methoden - Generalized Advantage Estimation (GAE)	7
11.17	BONUS: Einführung in Multi-Agent Reinforcement Learning (MARL)	7
11.18	Abschlussprojekt Reinforcement Learning	7
11.19	Workshop - AI Trading mit Deep Reinforcement Learning	8
12	Lehrmittel	8
13	Kompetenznachweis	9
14	Organisation	9

Stand: 15.10.2024

# 1 Umfeld

Künstliche Intelligenz ist die Fähigkeit, menschliches Verhalten in Programmen und Maschinen nachzuahmen. Eine grobe Einteilung von Informatiksystemen der künstlichen Intelligenz ist etwa wie folgt:

- Regelbasierte Systeme, welche nach logischen Regeln Entscheide fällen.
- Machine-Learning-Systeme, welche aus vorgegebenen Daten ein Verhalten oder eine Kategorisierung trainieren und anschliessend auf neue Daten anwenden.
- Selbstlernende Systeme, welche anhand von Zielvorgaben selbständig und laufend ein Verhalten erlernen, anwenden und neu adaptieren.

Der Fokus dieses CAS liegt auf den selbstlernenden Systemen und verwendet dazu unter anderem die Methoden Deep Reinforcement Learning (diverse Varianten des Q-Learning, Policy Gradient) und kombiniert Deep Learning mit neuronalen Netzen in verschiedenen Ausprägungen wie Perzeptrons, Fully Connected und Convolutional Networks. Spannend ist, dass diese neue Art des Lernens auch auf klassische Probleme wie Prognosen mit Zeitreihen und Objekterkennung mit grossem Erfolg angewendet werden kann.

## 2 Zielpublikum

- Fachexpert\*innen aus IT, Industrie und Business, die moderne AI-Techniken kennenlernen und anwenden möchten.
- Informatiker\*innen, die AI-Techniken in neue Applikationen, IT-Dienstleistungen und IT-Landschaften integrieren wollen.

## 3 Ausbildungsziele

Dieses CAS befähigt Sie zur professionellen Anwendung und Implementierung von Deep Learning und Deep Reinforcement Learning in verschiedensten Anwendungsbereichen sowie zur Mitarbeit in Teams, die AI-Methoden einsetzen.

## 4 Voraussetzungen

- Sie bringen ein Bachelorstudium mit, typischerweise in Informatik-, Ökonomie- oder Engineering-Disziplinen und können sich in eine algorithmische Denkweise vertiefen.
- Notwendig sind Vorkenntnisse in Statistik und Datenanalyse, entsprechend etwa dem Stoff des CAS Datenanalyse.
- Sie können sich mathematische Gesetzmässigkeiten aneignen und anwenden.
- Sie haben Erfahrung mit einer Programmiersprache und können einfache Skripte in der Sprache Python schreiben und ausführen (z.B. in einer Entwicklungsumgebung wie Anaconda/Jupyter Notebooks).
- Kenntnisse in den Methoden des überwachten und nicht-überwachten Lernens sind von Vorteil. Es wird im CAS aber im Rahmen des Deep-Learning-Studiums darauf eingegangen.

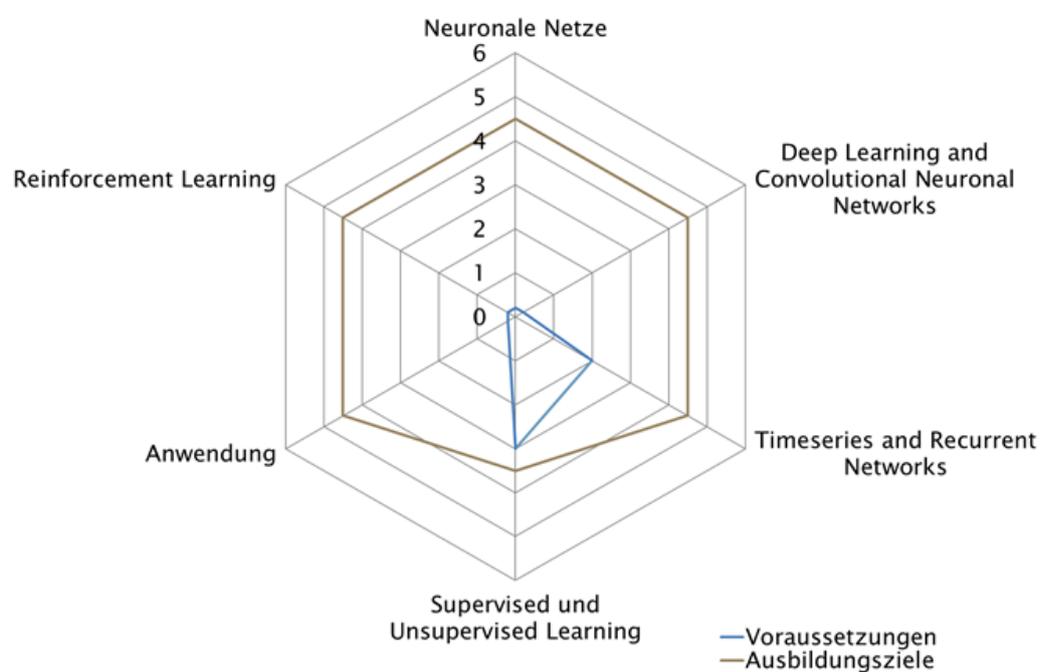
## 5 Unterrichtssprache

Die Unterrichtssprache ist Deutsch, die Unterlagen sind teilweise in Englisch.

## 6 Durchführungsort

Berner Fachhochschule, Weiterbildung, Aarbergstrasse 46 (Switzerland Innovation Park Biel/Bienne), 2503 Biel, Telefon +41 31 848 31 11, E-Mail [weiterbildung.ti@bfh.ch](mailto:weiterbildung.ti@bfh.ch).

## 7 Kompetenzprofil



### Kompetenzstufen

1. Kenntnisse/Wissen
2. Verstehen
3. Anwenden
4. Analyse
5. Synthese
6. Beurteilung

## 8 Kursübersicht

Kurs / Lehreinheit	Lektionen
Einführung in AI, Grundtechniken	16
Deep Learning, Neuronale Netzwerke, Typen und Architekturen	32
Tools und Framworks: PyTorch, GluonTS, Hugging Face Hub, Transformer	24
Grundlagen von Deep Reinforcment Learning	8
Reinforcement Learning Methoden	56
Abschlussprojekt: Trading mit Branching DQN	8
Prüfung	8
<b>Total</b>	<b>152</b>

Das CAS umfasst insgesamt 12 ECTS-Credits. Für die einzelnen Kurse ist entsprechend Zeit für Selbststudium, Prüfungsvorbereitung etc. einzurechnen.

## 9 Didaktik

Didaktisch ist das CAS geprägt von einer hohen Interaktion und einer engen Abfolge von Inputs zu Theorie, Methoden, Aufgaben, Fallstudien und Übungen.

Dieses CAS ist intensiv übungsorientiert. Die Hands-On Übungen und Praktika werden hauptsächlich mit Python in Google Colab und PyCharm bearbeitet.

## 10 Kursbeschreibungen

Nachfolgend sind die einzelnen Kurse dieses Studienganges beschrieben.

Der Begriff Kurs schliesst alle Veranstaltungstypen ein, es ist ein zusammenfassender Begriff für verschiedene Veranstaltungstypen wie Vorlesung, Lehrveranstaltung, Fallstudie, Living Case, Fach, Studienreise, Semesterarbeiten usw.

Die folgenden Themen werden in Theorie und Praxis sehr interaktiv vermittelt. Die Kursthemen sind in 19 Themenblöcke aufgeteilt, gemäss Stundenplan.

## 11 Einführung in AI

Anwendungsgebiete von AI, Schwerpunkte, Gefahren und Grenzen, neue industrielle Revolution und deren Einfluss auf berufliche Perspektiven.

### 11.1 Einführung in die AI-Grundtechniken

Google Colab und PyCharm, Gradient Descent, partielle Ableitungen, Matrix Algebra, Tensoren, Übersicht über AI Framework PyTorch. Praxis: Matrix-Algebra mit Numpy, Programmierung von Gradient Descent.

## 11.2 Fundamentale Neuronale Netzwerke

Perceptron und Dense Networks (DNNs)

Architektur von Perceptron und DNN, Layer und Gewichte, Hyper-Parameter und Hyper-Parametertuning, PyTorch Lightning, Rolle von DNNs in Deep Reinforcement Learning. Praxis: Klassifikation und Regressions-Aufgaben mit DNN.

## 11.3 Convolutional Neuronal Networks (CNN)

Mathematische und geometrische Erklärung von Convolution, Architektur von CNN, Vergleich mit DNN, biologische Entsprechung. Praxis: Klassische Image-Klassifizierung mit CNN Netzwerken und Transfer-Learning Methoden.

## 11.4 Transformer

Architektur, Encoder-Decoder, Attention Mechanisms, Hugging Face Framework.

## 11.5 Grundlagen von Deep Reinforcement Learning

Agent und Environment, States und Actions, Agent-Environment Interaction Cycle, Markov Property, Partially Observable Markov Decision Process (PO-MDP), Reward und Discount Factor, Return, State-Value, State-Action- and Advantage-Value, Action Plan vs. Policy, Optimal Policy, Bellman's Formula Intuition, Open AI Gym Umgebungen. Praxis: Erstellen eines eigenen Trading-Environments nach Open AI Gym Protokoll.

## 11.6 Value based Methoden – Monte Carlo Methoden

Was ist «Reinforcement»: Prediction und Control Zyklus, Optimal Epsilon-Value Selection (Exploration vs. Exploitation Dilemma), Incremental Mean, Constant Alpha. Praxis: Lösen von einem Open AI Gym Environment mit der Monte-Carlo Methode.

## 11.7 Value based Methoden – Temporal Difference (TD) Methoden

Was ist Temporal Error in unserem täglichen Leben und wie minimieren wir ihn?

Wie tut das AI – TD Control? Methoden SARSA, SarsMAX (Q-Learning), expected SARSA. Praxis: Lösen von einem Open AI Gym Environment mit TD-Methoden.

## 11.8 Value based Methoden – Einführung in klassisches Deep Q-Learning

Architektonischen Hauptkomponenten: Epsilon Greedy Policy, Experience Replay Buffer, Online Deep Q-Network, Fixed Target Deep Q-Network, der magische Trick: wie minimiert Deep Q-Learning

## 11.9 Value based Methoden – Deep Q-Learning-Erweiterungen

Double DQN, Prioritized Experience Replay Buffer, Dueling DQN, Rainbow DQN. Praxis: Praxis: Lösen von einem CartPole Environment mit allen Erweiterungen und Performance-Vergleich mit dem klassischen Deep Q-Learning Verfahren.

### **11.10 Value based Methoden – Branching Deep Q-Learning – ein Verfahren für stetige Aktionswerte**

Besonderheiten der Architektur, Discretization von stetigen Variablen. Hyperparameter Selektion und Tuning für alle Deep Q-Learning Methoden. Praxis: Lösen von einem stetigen Environment mit Branching DQN.

### **11.11 Einführung in Policy based Methoden – Black Box Optimierung**

Policy Function Approximation Intuition, Deterministic vs. stochastic policies, Gradient Ascent, Vorteile von Policy Based Methoden, Cross-Entropy Methode. Praxis: Lösen von einem Open AI Gym Environment mit der Cross-Entropy Methode.

### **11.12 Policy based Methoden – REINFORCE**

REINFORCE Theorem, Coding der Hauptkomponenten. Praxis: Lösen des Lunar Lander Environments mit REINFORCE.

### **11.13 Policy based Methoden - Proximal Policy Optimization (PPO)**

Coding der Hauptkomponenten, Surrogate Function, Clipping von Policy Updates. Praxis: Lösen des Lunar Lander Environments mit PPO.

### **11.14 Einführung in kombinierte Value- und Policy-Methoden**

Actor-Critic-Methoden, Basic Actor-Critic, Advantage Actor-Critic (A2C), Asynchronous Advantage Actor-Critic (A3C) für paralleles Training. Praxis: Lösen eines Open AI Gym Environments mit A2C.

### **11.15 Kombinierte Methoden – Deep Deterministic Policy Gradient (DDPG) für stetige Aktionen**

Architektur und Konzepte von DDPG, Coding der Haupt-Komponenten. Praxis: Lösen eines Open AI Gym Environments mit DDPG.

### **11.16 Kombinierte Methoden – Generalized Advantage Estimation (GAE)**

Architektur und Konzepte von GAE, Coding der Haupt-Komponenten. Praxis: Lösen eines Open AI Gym Environments mit GAE.

### **11.17 BONUS: Einführung in Multi-Agent Reinforcement Learning (MARL)**

Warum Multi-Agent-Systems? Vorteile von Multi-Agent-Systems, Markov Games, Cooperation, Competition and Mixed, Multi-Agent DDPG (MADDPG) Lab.

### **11.18 Abschlussprojekt Reinforcement Learning**

Algorithmic Trading mit Branching Dueling Deep Q-Reinforcement Learning: Erstellung der eigenen Gym-basierten RL-Umgebung für Trading, Erstellung der Finanz-Klasse für Sharpe-Ratio und Effective Frontier Berechnung, Programmierung des Agenten und der zugehörigen Klassen in PyTorch. Training und Evaluierung von Performance mit den Test-Daten.

## 11.19 Workshop – AI Trading mit Deep Reinforcement Learning

In diesem Workshop, der am Schluss dieses CAS angeboten wird, wird das gesamte Wissen, dass Sie erworben haben, angewendet.

Wir verwenden einen Deep Reinforcement Learning Branching Dueling Deep Q-Learning Agenten. Diese DRL-Architektur basiert auf dem bewährten Deep Q-Learning und ist eine der effektivsten, wenn nicht die effektivste Agent-Form, die es heute gibt. Dieser Agent kann mehrere Aktionen simultan ausführen (z.B. gleichzeitig mehrere Stocks in optimaler Anzahl traden – kaufen, verkaufen oder halten). Alternativ zu diesem Agenten gibt es viel komplexere und hoch experimentelle Architekturen (wie z.B. TD3), die sich aber nur sehr schwer trainieren lassen, bzw. gar nicht in einem praktischen Fall, wie hier bei Trading. Wir erstellen ein eigenes Trading-Environment. Damit lernen Sie, wie man generell ein eigenes Reinforcement Learning Environment für ein reelles Businessproblem erstellt und nicht nur mit Open AI Gym Spielzeug-Environments experimentiert. Wir lernen auch die Finanzaspekte von Trading wie Effective Frontier und Sharpe Ratio (Portfolio Theorie von Markowitz).

Der AI-Agent bedient sich dabei auch bei diesem Finanzwissen und kann dann analog zu einem menschlichen Trader optimale Entscheidungen treffen. Wir bringen dem Agenten auch das «Fantasieren» oder «Schlafen» bei, indem wir ihm die Daten regelmässig in einer imaginären Form präsentieren, so dass er flexibel bleibt.

## 12 Lehrmittel

Die nachfolgend aufgeführten Lehrmittel sind wesentlich für das Lernen während des geführten Unterrichtes. Sie sind durch die Studierenden zu beschaffen.

Als grundlegendes Lehrmittel wird mit folgendem Buch gearbeitet:

“Deep Reinforcement Learning Hands-On: Apply modern RL methods to practical problems of chatbots, robotics, discrete optimization, web automation, and more”; Maxim Lapan; Amazon 2nd Edition. In Englisch oder Deutsch verfügbar:

Nr	Titel	Autoren	Verlag	Jahr	ISBN Nr.
1.	Deep Reinforcement Learning Das umfassende Praxis-Handbuch	Maxim Lapan	Mitp Verlags GmbH & Co.KG	2020	978-3-7475-0036-(1)
2.	Deep Reinforcement Learning Hands-On Second Edition	Maxim Lapan	Packt Publishing	2020	9781838826994

## 13 Kompetenznachweis

Für die Anrechnung der 12 ECTS-Credits ist das erfolgreiche Bestehen der Qualifikationsnachweise (Prüfungen, Projektarbeiten) erforderlich, gemäss folgender Aufstellung:

Kompetenznachweis	Gewicht	Art der Qualifikation	Erfolgsquote Studierende
Übungsaufgaben	5	Übungsaufgaben mit Bewertung, ev. als Gruppenarbeiten	0 - 100 %
Schlussprüfung	5	Open Book, 1-2 Stunden, Textfragen mit Multiple Choice Antworten, elektronisch durchgeführt.	0 - 100 %
Gesamtgewicht / Erfolgsquote	10		0 - 100 %

Der gewichtete Mittelwert der Erfolgsquoten der einzelnen Kompetenznachweise wird in eine Note zwischen 3 und 6 umgerechnet. Die Note 3 (gemittelte Erfolgsquote weniger als 50%) ist ungenügend. Die Noten 4, 4.5, 5, 5.5 und 6 (gemittelte Erfolgsquote zwischen 50% und 100%) sind genügend.

## 14 Organisation

### CAS-Leitung und Dozent:

Ilja Rasin, Data Scientist AI Engineer  
<https://ch.linkedin.com/in/iljarasin>

### CAS-Administration:

Andrea Moser  
Tel: +41 31 848 32 11  
E-Mail: [andrea.moser@bfh.ch](mailto:andrea.moser@bfh.ch)

Während der Durchführung des CAS können sich Anpassungen bezüglich Inhalten, Lernzielen, Dozierenden und Kompetenznachweisen ergeben. Es liegt in der Kompetenz der Dozierenden und der Studienleitung, aufgrund der aktuellen Entwicklungen in einem Fachgebiet, der konkreten Vorkenntnisse und Interessenslage der Teilnehmenden, sowie aus didaktischen und organisatorischen Gründen Anpassungen im Ablauf eines CAS vorzunehmen.

**Berner Fachhochschule**

Technik und Informatik

Weiterbildung

Aarbergstrasse 46 (Switzerland Innovation Park Biel/Bienne)

2503 Biel

Telefon +41 31 848 31 11

E-Mail: [weiterbildung.ti@bfh.ch](mailto:weiterbildung.ti@bfh.ch)

[bfh.ch/ti/weiterbildung](http://bfh.ch/ti/weiterbildung)

[bfh.ch/cas-ai](http://bfh.ch/cas-ai)