

Künstliche Intelligenz für das Zahlenpuzzle "2048"

Künstliche Intelligenz (KI) ist ein sehr aktuelles Thema, das in den Medien immer wieder grosse Beachtung findet. Forschungsgebiete von automatisierter Bilderkennung über Sprachverständnis bis hin zu autonomen Fahrzeugen basieren auf KI und sind wichtige Forschungsbereiche von grossen Technologie-Unternehmen wie Google, Facebook, Tesla und anderen. Dabei bieten Spiele eine gute Umgebung, um über KIs zu lernen und sie zu studieren, da sie einfache Problemstellungen mit festen Regeln und abgegrenzten Welten repräsentieren. „2048“ ist ein Spiel, das im Jahr 2014 viral erfolgreich wurde. Dank sehr einfachen Regeln und gutem, klarem Design ist es schnell zu erlernen aber schwierig zu meistern. Das macht es zu einem idealen Kandidaten für die KI-Forschung.

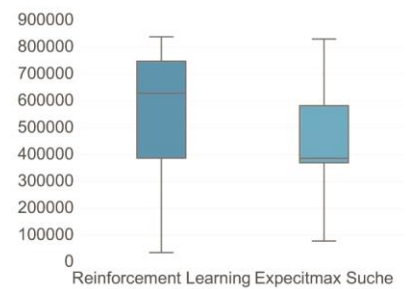
Im Rahmen dieser Arbeit werden klassische Methoden aus der KI auf ihre Anwendbarkeit auf 2048 hin analysiert und mit existierenden Lösungen aus der Literatur verglichen. Aus dieser Analyse werden vielversprechende Vorgehensweisen anhand von KI-Implementationen getestet und miteinander verglichen. Im praktischen Teil der Arbeit spielen verschiedene KI-Methoden, vom klassischen Suchalgorithmus bis hin zu modernem Reinforcement Learning, automatisiert 2048. Dabei werden die Ergebnisse aufgezeichnet und ausgewertet.

Am erfolgreichsten ist eine KI-Implementation, welche die klassische Suche (Expectimax) mit modernen Ansätzen aus dem Reinforcement Learning (Temporal Difference Learning) verbindet. Sie erreicht Punktestände, die mehr als das zehnfache höher liegen als die besten Ergebnisse des typischen menschlichen Spielers und die kaum noch zu überbieten sind. Die Lernverfahren profitieren dabei von der Möglichkeit, die Konsequenzen von Spielzügen mit Hilfe der Suche besser vorherzusehen. In den Tests wählt jedoch eine durch Reinforcement Learning trainierte Funktion ihre Spielzüge besser als eine, die nach fest programmierten Regeln handelt. Bemerkenswert ist, dass es verschiedene KI-Vorgehensweisen gibt, welche ohne Kenntnis einer spezifischen 2048 Spielstrategie programmiert werden und die trotzdem das Niveau menschlicher Spieler erreichen. Die in dieser Arbeit entwickelte Software kann daher als Anschauungsbeispiel für Ausbildung in KI dienen und einem Studenten ermöglichen, selbst KI-Agenten für 2048 zu implementieren.

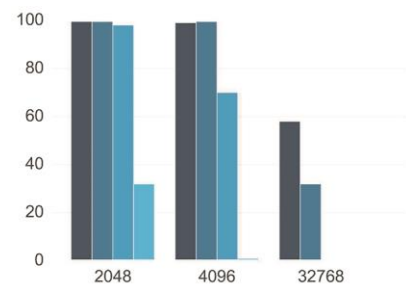


Diplomand
Michä Schwendener

Dozierende
Thilo Stadelmann
Dandolo Flumini



Das Bild zeigt die Punkteverteilung aus 100 Spielen. Zu sehen sind die KIs mit den besten Resultaten: Eine lernt mittels Reinforcement Learning selbst eine Strategie (links), eine spielt mit Hilfe von Expectimax-Suche nach festen Regeln.



Das Bild zeigt, wie häufig [in %] eine KI in 100 Spielen den Stein 2048, 4096 und 32768 erreicht. Bei den KIs handelt es sich vom dunkelsten (links) zum hellsten Balken um TD-Learning, Expectimax-Suche, Monte-Carlo-Simulationen und Deep Q-Learning.