

Othello

— Entwicklung einer KI für das Spiel —

Patrick Müller, Max Zepnik

27. November 2018

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	2
2	Grundlagen	3
2.1	Spieltheorie	3
2.2	Spielstrategien	3
2.2.1	Min-Max	4
2.2.2	Alpha-Beta Pruning	4
2.2.3	imperfect real time-time decisions	5
3	Othello	7
4	Implementierung der KI	8
5	Evaluierung	9
6	Fazit	10

Kapitel 1

Einleitung

Computergegner ..

. test..

text1 ...

am Ende schreiben

auf Fazit beziehen?

Kapitel 2

Grundlagen

2.1 Spieltheorie

Einleitung fehlt

Definition 1 (Spiel (Game)) Ein [Game](#) besteht aus einem Tupel der Form

$$\mathcal{G} = \langle S_0, \text{player}, \text{actions}, \text{result}, \text{terminalTest}, \text{utility} \rangle$$

S_0 beschreibt den Startzustand des Spiels.

PLAYER ist auf der Menge der Spieler definiert und gibt den aktuellen Spieler zurück.

ACTIONS gibt die validen Folgezustände eines gegebenen Zustands zurück.

RESULT definiert das Resultat einer durchgeführten Aktion a und in einem Zustand s .

TERMINALTEST prüft ob ein Zustand s ein Terminalzustand, also Endzustand, darstellt.

UTILITY gibt einen Zahlenwert aus den Eingabewerten s (Terminalzustand) und p (Spieler) zurück.

Positive Werte stellen einen Gewinn, negative Werte einen Verlust dar.

quelle S.162

Eine spezielle Art von Spielen sind [Nullsummenspiele](#).

Definition
States davor

Definition 2 (Nullsummenspiele) In einem [Nullsummenspiel](#) ist die Summe der utility Funktion eines Zustands über alle Spieler 0. Dies bedeutet, dass wenn ein Spieler gewinnt mindestens ein Gegenspieler verliert.

Durch den Startzustand S_0 und der Funktion ACTION wird ein [Spielbaum \(Game Tree\)](#) aufgespannt.

Definition 3 (Spielbaum (Game Tree)) Ein [Spielbaum](#) besteht aus einer einzigen Wurzel, welche einen bestimmten Zustand (meistens S_0) darstellt. Die Kindknoten der Wurzel stellen die durch ACTIONS erzeugten Zustände dar. Die Kanten zwischen der Wurzel und den Kindknoten stellen jeweils die durchgeführte Aktion dar, die ausgeführt wurde um vom State s zum Kindknoten zu gelangen.

Definition 4 (Suchbaum (Search Tree)) Ein [Suchbaum](#) ist ein Teil des Spielbaums.

[RN16]

Überleitung
einfügen

2.2 Spielstrategien

Es gibt verschiedene Spielstrategien. Im Folgenden werden diese kurz erläutert und anschließend verglichen.

2.2.1 Min-Max

Patrick

Der erste hier erläuterte Strategie ist der Min-Max Algorithmus. Dieser ist folgendermaßen definiert:

$$MinMax(s) = \begin{cases} Utility(s); & \text{wenn } TerminalTest(s) == \text{true} \\ \max(\{a_e \in Actions(s) | MinMax(Result(s, a))\}); & \text{wenn Spieler am Zug} \\ \min(\{a_e \in Actions(s) | MinMax(Result(s, a))\}); & \text{wenn Gegner am Zug} \end{cases}$$

Der Spieler sucht den bestmöglichen Zug aus ACTIONS, der ihm einen für eine Züge einen Vorteil schafft aber gleichzeitig nur „schlechte“ Zugmöglichkeiten für den Gegner generiert. Der Gegner kann dadurch aus allen ehemals möglichen Zügen nicht den optimalen Zug spielen, da dieser in den aktuell enthaltenen Zügen nicht vorhanden ist. Er wählt aus den verfügbaren ACTIONS nach den gleichen Vorgaben seinen besten Zug aus.

Die Strategie ist einer Tiefensuche und erkundet jeden Knoten zuerst bis zu den einzelnen Blättern bevor ein Nachbarknoten ausgewählt wird. Dies setzt das mindestens einmalige Durchlaufen des gesamten Search Trees voraus. Bei einem durchschnittlichen Verzweigungsfaktor von f bei einer Tiefe von d resultiert daraus eine Komplexität von $O(d^f)$. Bei einem einmaligen Erkunden der Knoten können die Werte aus den Blättern rekursiv von den Blättern zu den Knoten aktualisiert werden. Dadurch muss im nächsten Zug nur das Minimum aus ACTIONS ermittelt werden, da alle Kindknoten schon evaluiert wurden. Für übliche Spiele kann die Min-Max-Strategie allerdings nicht verwendet werden, da die Komplexität zu hoch für eine akzeptable Antwortzeit ist und der benötigte Speicherplatz für die berechneten Zustände sehr schnell wächst.

2.2.2 Alpha-Beta Pruning

Max

Der Min-Max Algorithmus berechnet nach dem Prinzip „depth-first“ stets den kompletten Game Tree. Bei der Betrachtung des Entscheidungsverhaltens des Algorithmus fällt jedoch schnell auf, dass ein nicht unerheblicher Teil aller möglichen Züge gar nicht erst in Betracht gezogen wird. Dies geschieht aufgrund der Tatsache, dass diese Züge in einem schlechteren Ergebnis resultieren würden als die letztendlich ausgewählten.

Dem Alpha-Beta Pruning Algorithmus liegt der Gedanke zugrunde, dass die Zustände, die in einem realen Spiel nie auftreten würden auch nicht berechnet werden müssen. Damit steht die dafür regulär erforderliche Rechenzeit und der entsprechende Speicher dafür zur Verfügung andere, vielversprechendere Zweige zu verfolgen.

Demonstration an einem Beispiel

Um den Algorithmus zu verdeutlichen betrachten wir das, an XXX angelehnte, folgende Beispiel. Das Dargestellte Spiel besteht aus lediglich zwei Zügen, die abwechselnd durch die Spieler gewählt werden. An den Knoten der untersten Ebene des Game Tree werden die Werte der Zustände gemäß der UTILITY Funktion angegeben. Die Werte α und β geben den schlechtmöglichen bzw. den bestmöglichen Spielausgang für einen Zweig, immer aus der Sicht des beginnenden Spielers, an. Die ausgegrauten Knoten wurden noch nicht betrachtet.

Betrachten wir nun den linken Baum in der zweiten Zeile: Der Algorithmus beginnt damit alle möglichen Folgezustände bei der Wahl von B als Folgezustand zu evaluieren. Dabei wird zunächst der Knoten E betrachtet und damit der Wert 5 ermittelt. Dies ist der Bisher beste Wert. Er wird als β gespeichert. Eine Aussage über den schlechtesten Wert kann noch nicht getroffen werden.

Im nachfolgenden Game Tree wird der nächste Schritt verdeutlicht. Es wird der Knoten F betrachtet. Dieser hat einen Wert von 13. Am Zuge ist jedoch der zweite Spieler. Dieser wird, geht man davon aus, dass er ideal spielt, jedoch keinen Zug wählen der ein besseres Ergebnis für den Gegner bringt als unbedingt nötig. Der bestmögliche Wert für den ersten Spieler bleibt damit 5.

Quelle Norvig
Hinzufügen,
Verweis auf
Abbildung
einfügen

Warum

Nach der Auswertung des Knotens G steht fest, dass es keinen besseren und keinen schlechteren Wert aus Sicht des ersten Spielers gibt. Daraufhin wird die 5 auch als schlechtester Wert in α gespeichert. Ausgehend von A ist der schlechteste Wert damit 5 ggf. kann jedoch noch ein besseres Ergebnis herbeigeführt werden. α wird entsprechend gesetzt und β verbleibt undefiniert.

Nun werden die Kindknoten von C betrachtet. Mit einem Wert von 3 wäre der Knoten H das bisher beste Ergebnis für die Wahl von C. Der Wert wird entsprechend gespeichert. Würde C gewählt gäbe man dem Gegenspieler die Chance ein im Vergleich zu der Wahl des Knotens B schlechteres Ergebnis herbeizuführen. Da Ziel des Spielers jedoch ist die eigenen Punkte zu maximieren gilt es diese Chance gar nicht erst zu gewähren. Entsprechend werden die Auswertung der weiteren Knoten abgebrochen.

Der Kindknoten K des Knotens D ist mit einem Wert von 42 vielversprechend und wird in β gespeichert. Da dieser Wert größer ist als die gespeicherten 5 wird auch der entsprechende Wert von A aktualisiert. Der anschließend ausgewertete Knoten L ermöglicht nun ein schlechteres Ergebnis von 6 β muss also aktualisiert werden. Der Knoten M liefert schließlich den schlechtesten Wert von 1. Da der Gegenspieler im Zweifel diesen Wert wählen würde bleibt der bisher beste Wert das Ergebnis in E. In A wird der Spieler daher B auswählen

Dieses einfache Beispiel zeigt bereits recht gut wie die Auswertung von weiteren Zweigen vermieden werden kann. In der Praktischen Anwendung befinden sich die wegfallenden Zustände häufig nicht nur in den Blättern des Baumes sondern auch auf höheren Ebenen. Der eingesparte Aufwand wird dadurch häufig noch größer.

Implementierung

Ordnung der Züge

2.2.3 imperfect real time-time decisions

Evaluation functions

max

Cutting off search

max

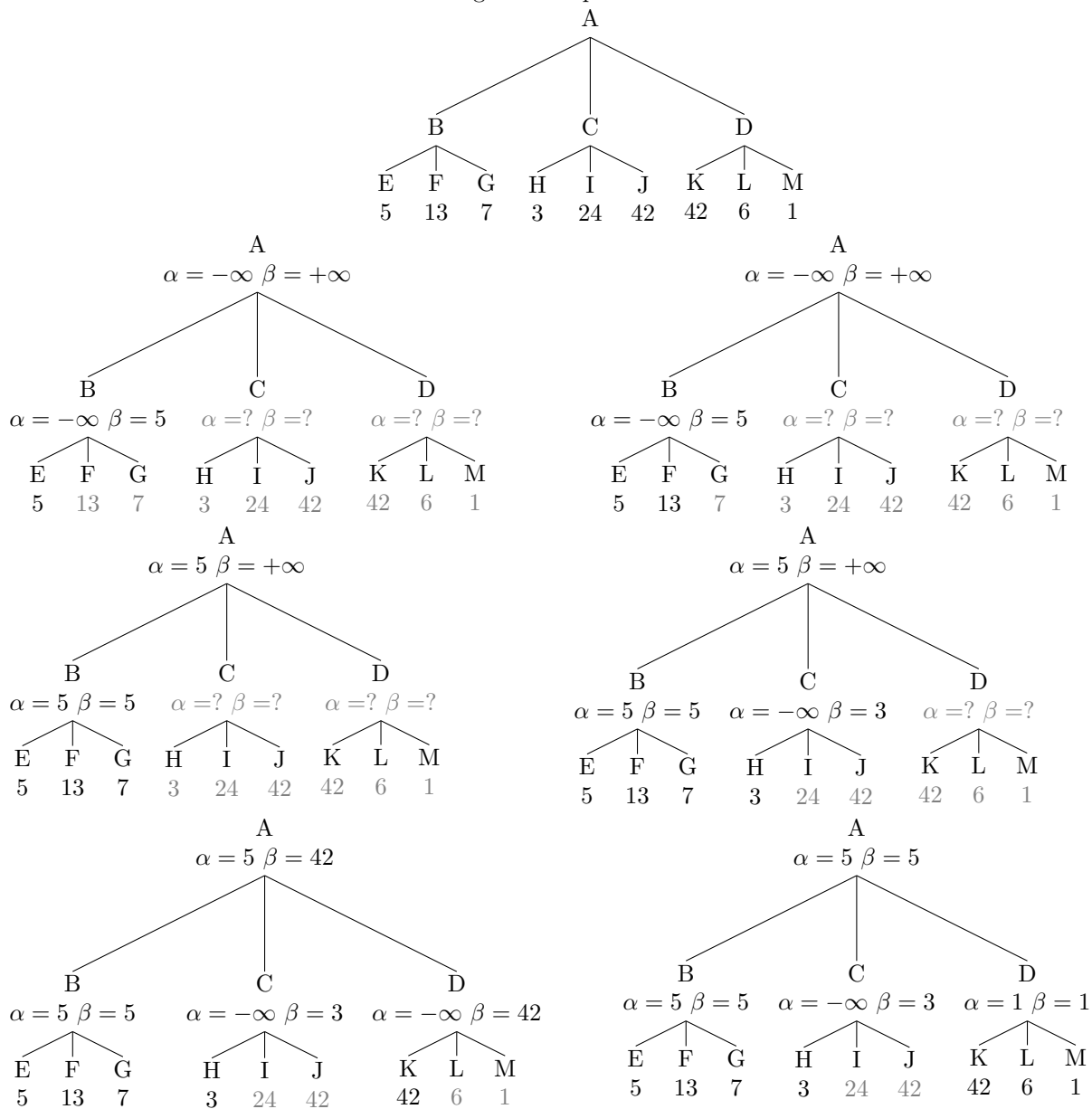
Forward pruning

patrick

Search versus lookup

patrick

Abbildung 2.1: Beispielhafter Game Tree



Kapitel 3

Othello

Othello erklären

Algo erklären

Kapitel 4

Implementierung der KI

Kapitel 5

Evaluierung

Kapitel 6

Fazit

Notes

<input type="checkbox"/> am Ende schreiben	2
<input type="checkbox"/> auf Fazit beziehen?	2
<input type="checkbox"/> Einleitung fehlt	3
<input type="checkbox"/> quelle S.162	3
<input type="checkbox"/> Definition States davor	3
<input type="checkbox"/> Überleitung einfügen	3
<input type="checkbox"/> Patrick	4
<input type="checkbox"/> Max	4
<input type="checkbox"/> Quelle Norvig Hinzufügen, Verweis auf Abbildung einfügen	4
<input type="checkbox"/> Warum	4
<input type="checkbox"/> max	5
<input type="checkbox"/> max	5
<input type="checkbox"/> patrick	5
<input type="checkbox"/> patrick	5
<input type="checkbox"/> Othello erklären	7
<input type="checkbox"/> Algo erklären	7

Literaturverzeichnis

- [RN16] Stuart J. Russell and Peter Norvig. *Artificial intelligence: A modern approach*. Always learning. Pearson, Boston and Columbus and Indianapolis and New York and San Francisco and Upper Saddle River and Amsterdam, Cape Town and Dubai and London and Madrid and Milan and Munich and Paris and Montreal and Toronto and Delhi and Mexico City and Sao Paulo and Sydney and Hong Kong and Seoul and Singapore and Taipei and Tokyo, third edition, global edition edition, 2016.