

General Video Game AI Competition 2016



TECHNISCHE
UNIVERSITÄT
DARMSTADT

BFS, MCTS und GA - Einführung

Miriam Moneke, Nils Schröder, Tobias Joppen

Christan Wirth, Prof. J. Fürnkranz



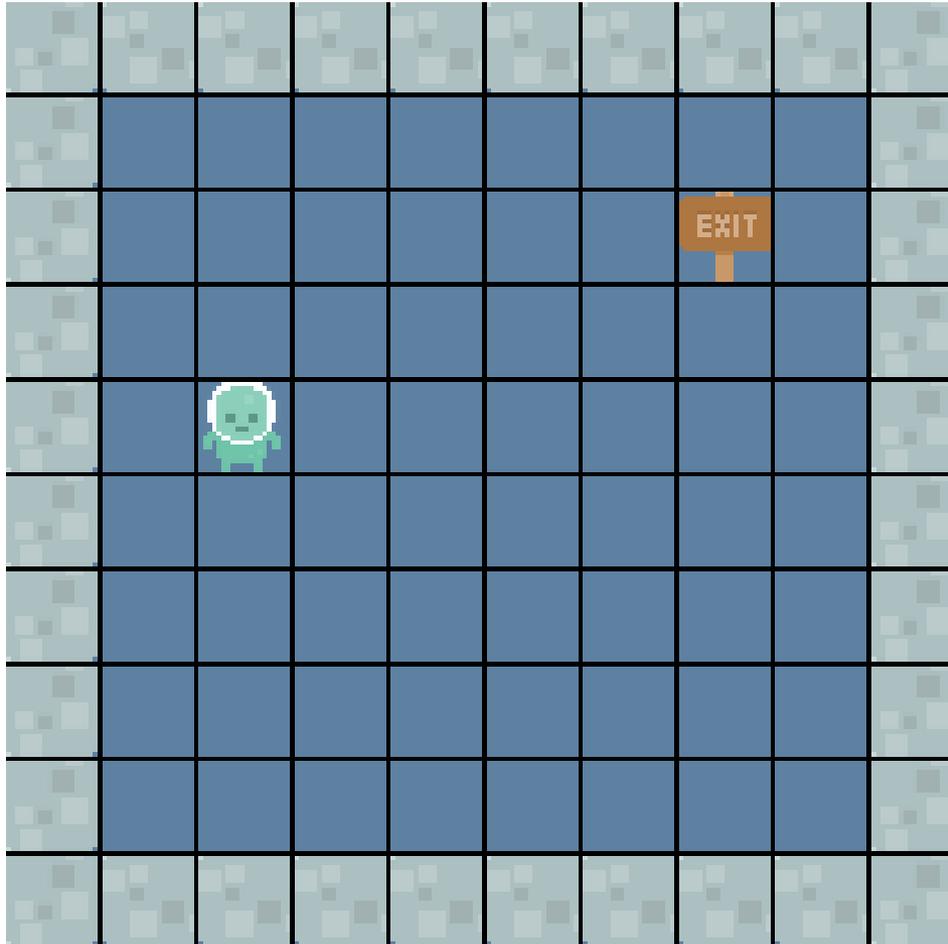
Best First Search (BFS)

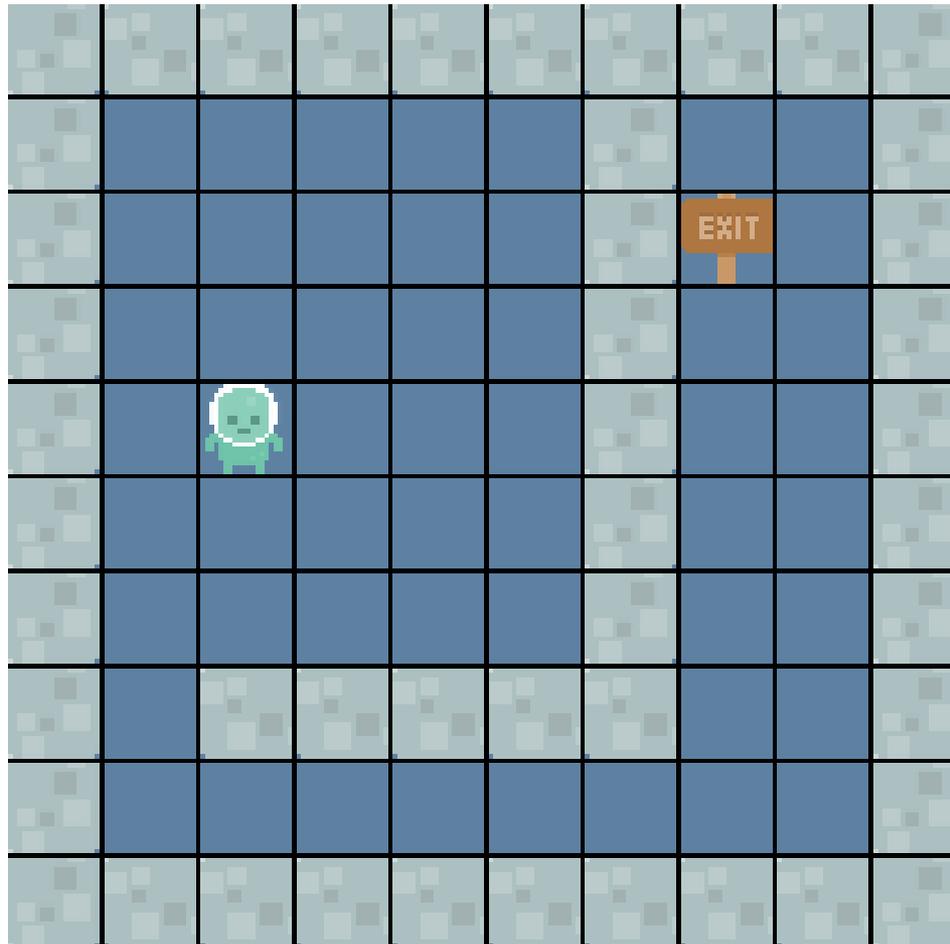
- Der Knoten, der als „bestes“ erscheint wird als nächstes ausgewählt
- „bestes“ wird über Bewertungsfunktion ermittelt
- Ausgehend von dem Knoten werden Übergänge ermittelt, die in neue Knoten führen
- Neue Knoten erhalten wiederum Bewertung

- Spielzustände in geordneter Datenstruktur speichern
- Anordnung innerhalb der Datenstruktur anhand der Bewertungsfunktion
- Erster Spielzustand wird ausgewählt
 - Alle verfügbaren Aktionen werden Simuliert
 - Die entstehenden Spielzustände werden anhand ihrer Bewertungsfunktion in die Datenstruktur einsortiert
 - Iteriere bis Lösung gefunden oder Zeit vorbei

- Bewertungsfunktion weist Spielzuständen Werte zu
- Approximiert die Güte eines Zustandes
- Beispiel:
 - Schätzt die verbleibenden Kosten von einem Knoten n zu einem Zielknoten
- Heuristik kann gelernt werden
- Wahl der Heuristik bestimmt, wie erfolgreich der Algorithmus funktioniert

Beispiel





- Es können Graphen entstehen
- Datenstruktur mit vielen Zuständen braucht viel Speicherplatz
- Stochastische Effekte

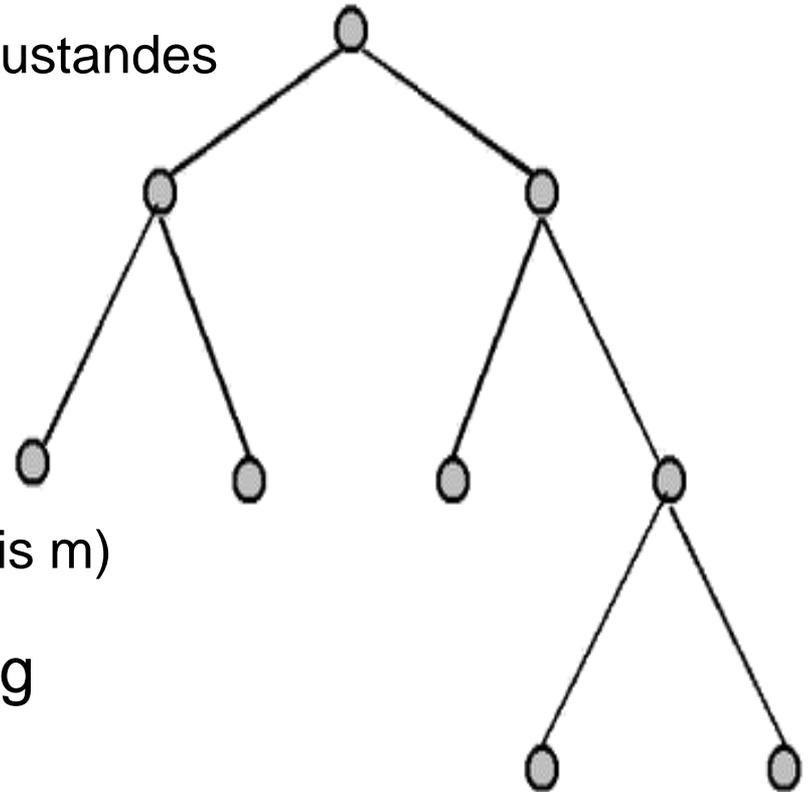
- Prepruning:

- Manche Aktionen des aktuellen Zustandes werden nicht simuliert (0 bis n)

- Postpruning:

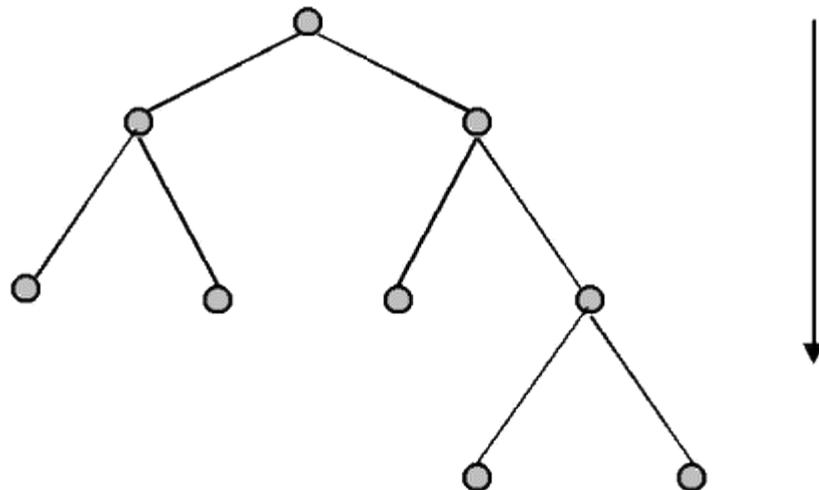
- Manche neuen Zustände werden nicht in die Datenstruktur aufgenommen (0 bis m)

- Entsprechende Logik notwendig



Lösungsansätze I (Exhaustive Tree Search)

- Breath first search
- Depth first search
- Best first search
- [...]



Monte Carlo Tree Search

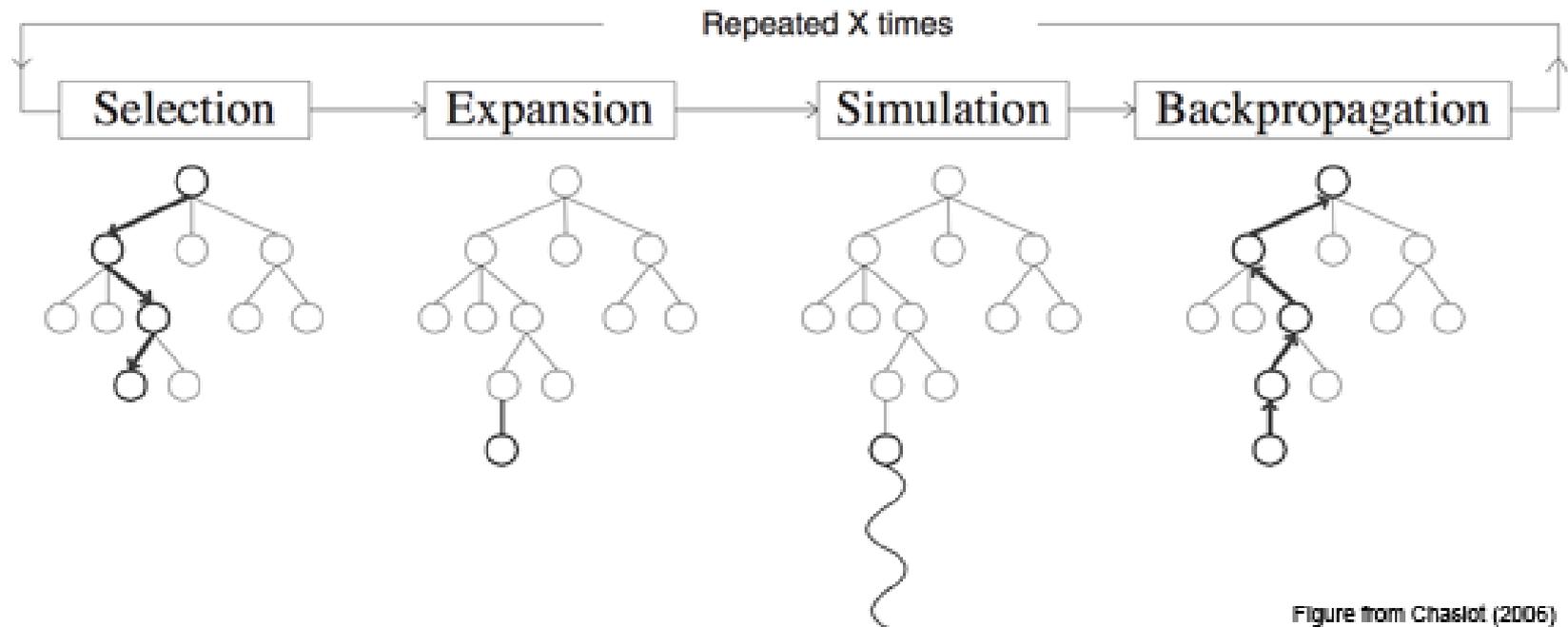


Figure from Chaslot (2006)

Monte Carlo Tree Search

1. Selection:

Von der Wurzel: wähle Nachfolgeknoten.

Iteriere bis Blattknoten.

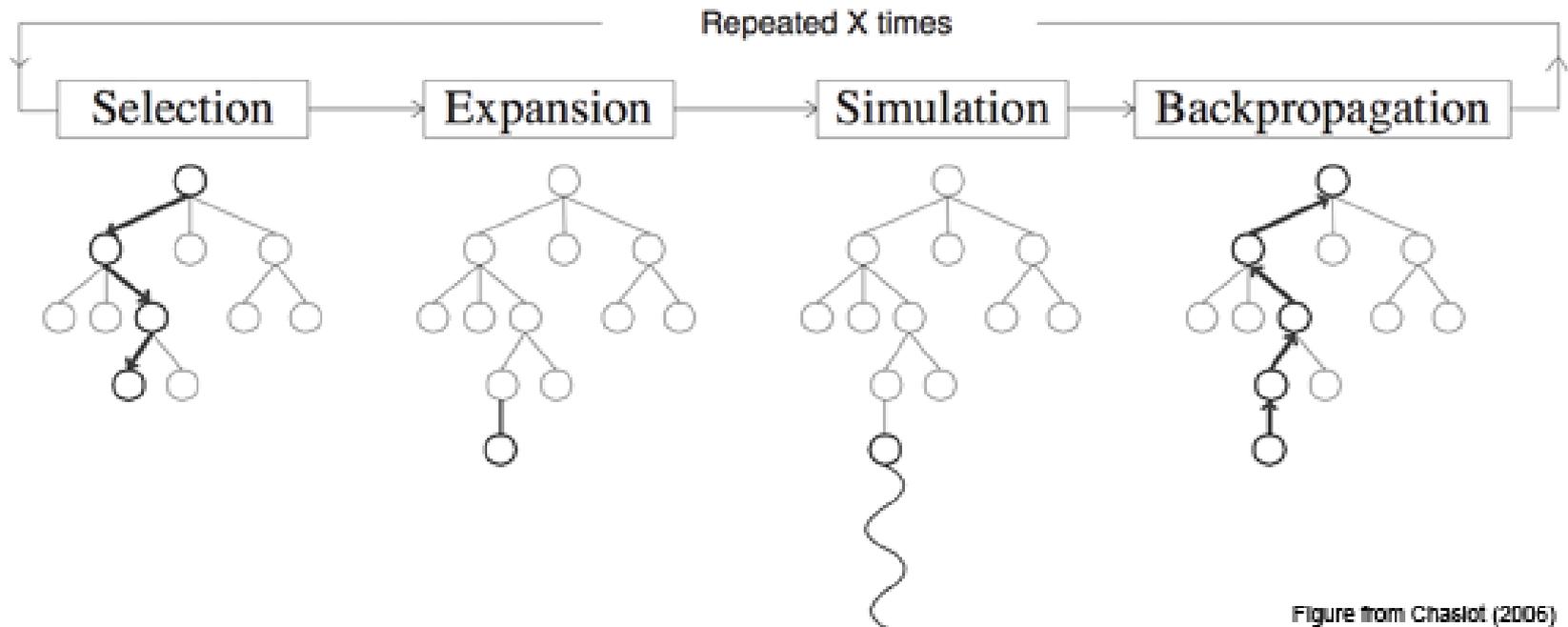


Figure from Chaslot (2006)

Monte Carlo Tree Search

2. Expansion:
Erstelle neuen Kindknoten.

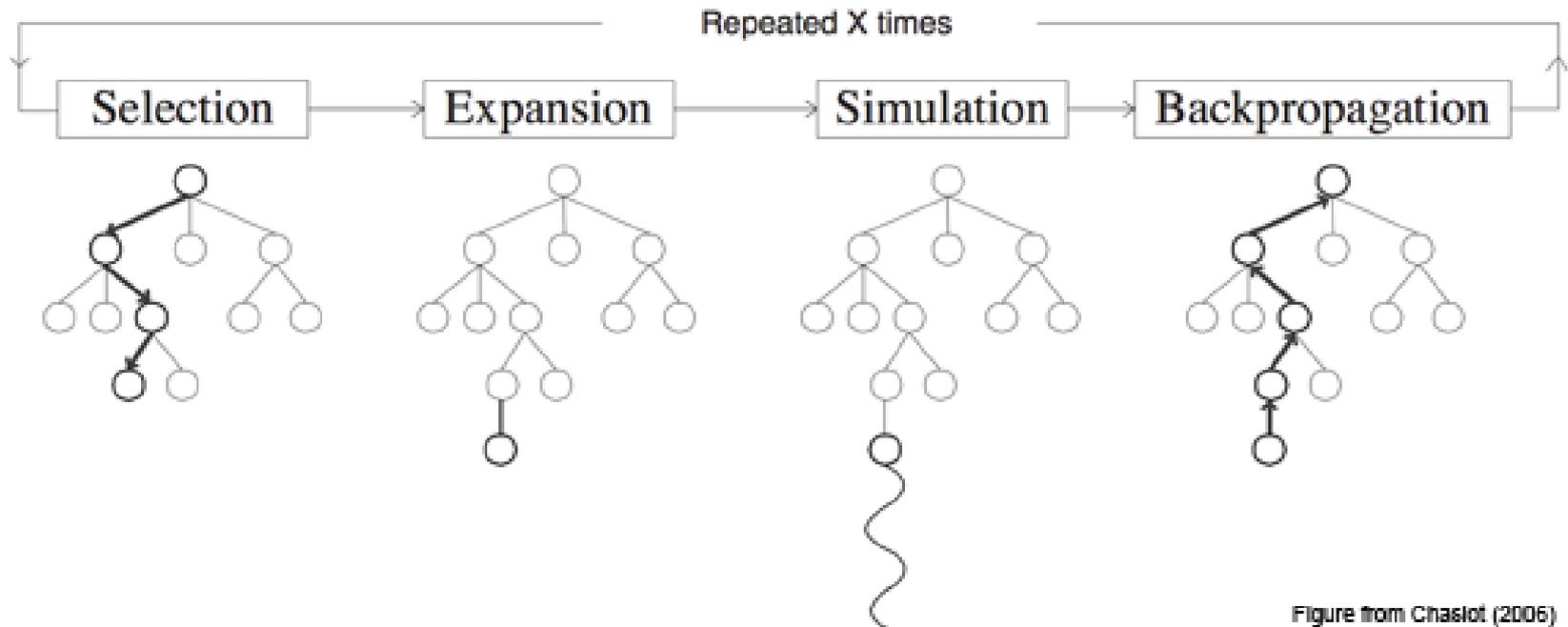


Figure from Chaslot (2006)

Monte Carlo Tree Search

3. Simulation:

Simuliere Zustand in die Tiefe: führe mehrere zufällige Züge hintereinander aus und bewerte letzten Zustand.

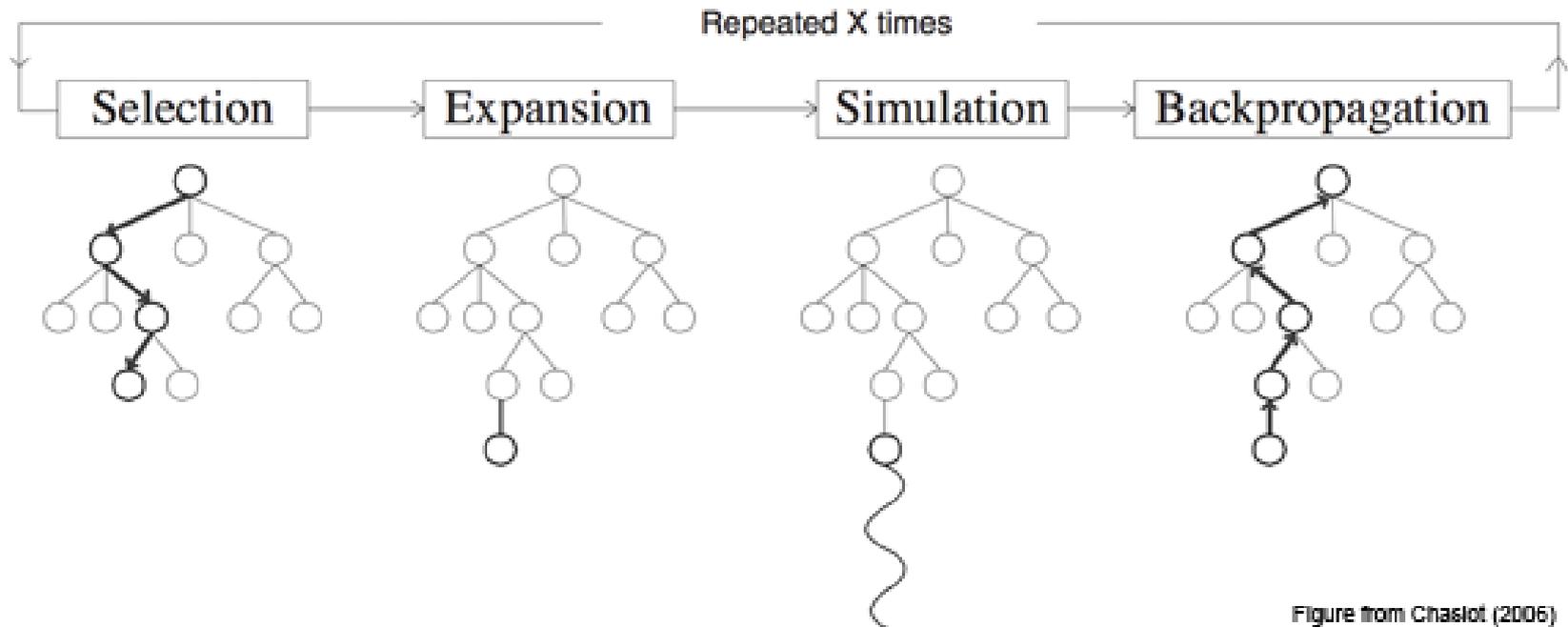


Figure from Chaslot (2006)

Monte Carlo Tree Search

4. Backpropagation:

Bewerte alle Knoten auf dem Weg zur Wurzel entsprechend der Bewertung des simulierten Zustands

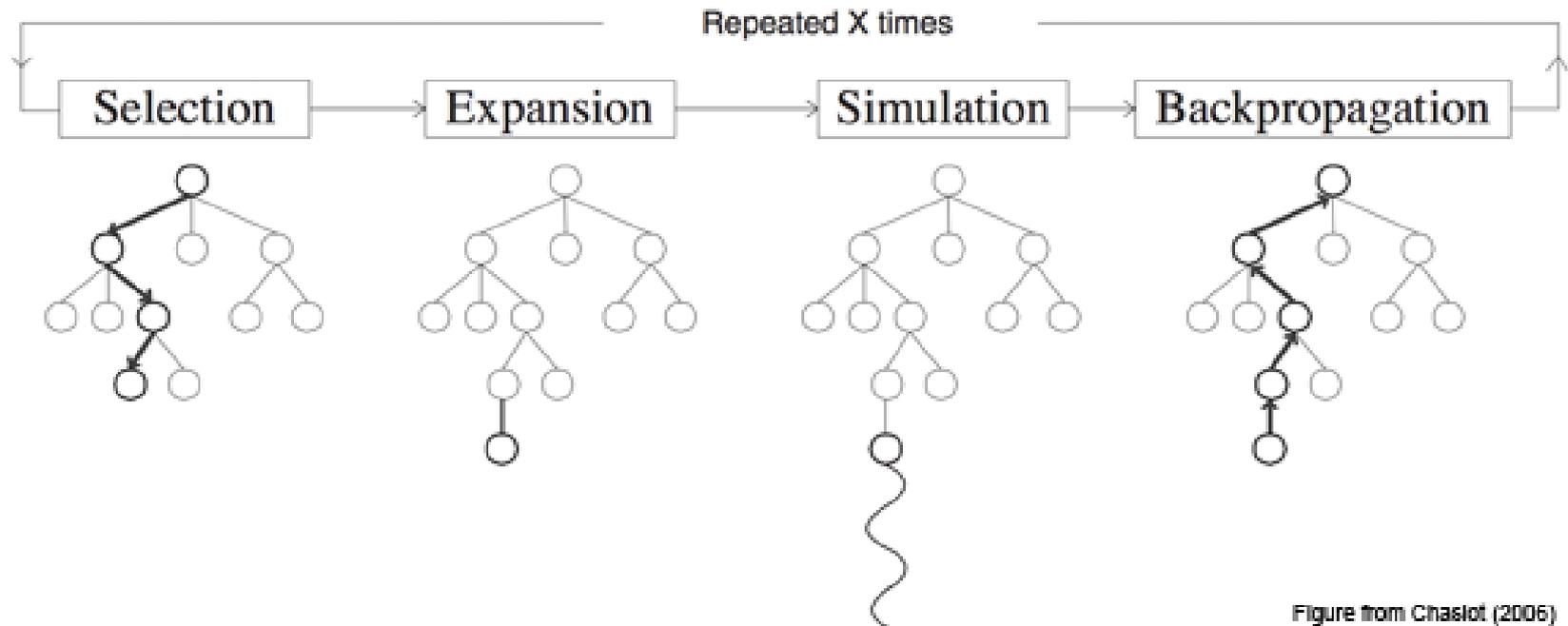


Figure from Chaslot (2006)

Monte Carlo Tree Search

- Wiederhole, bis Zeit abgelaufen

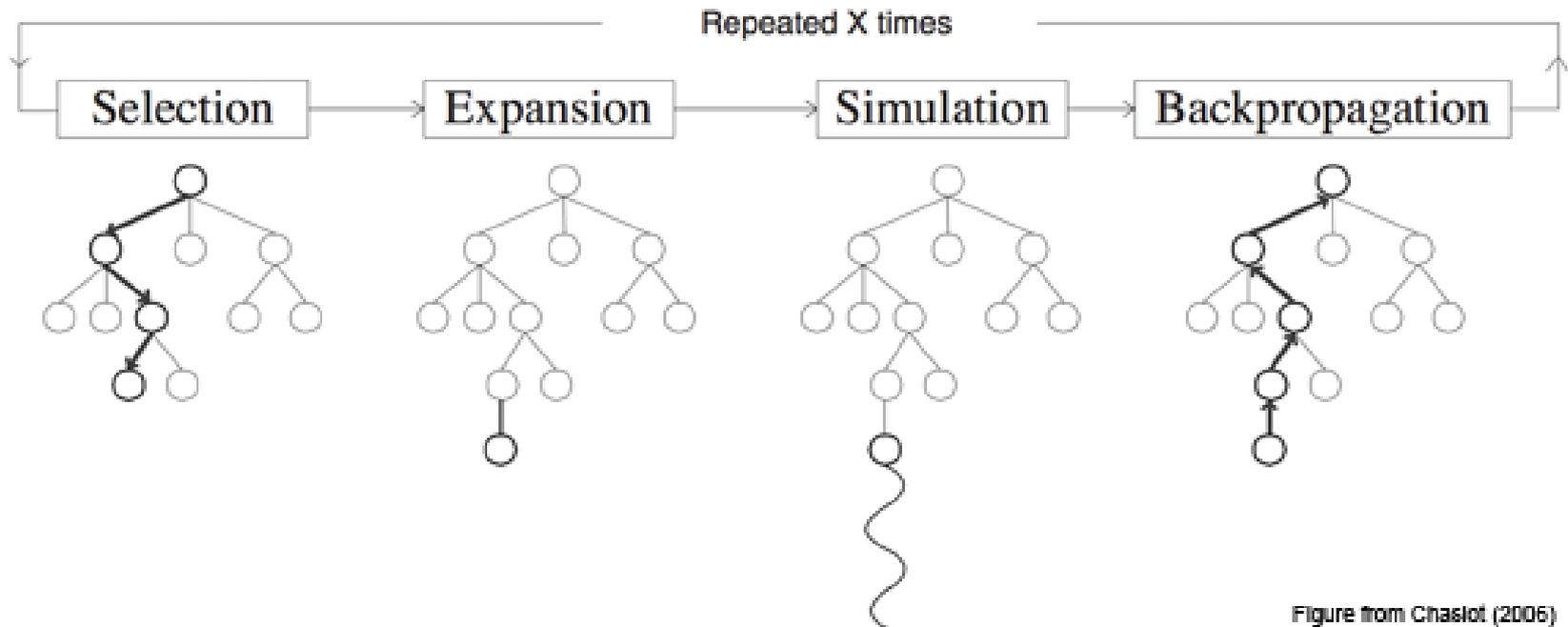
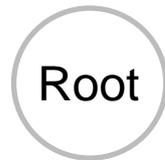


Figure from Chaslot (2006)

MCTS Beispiel

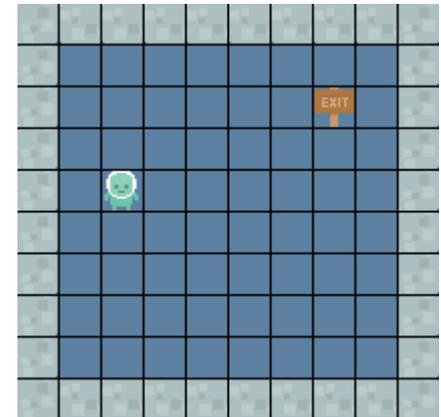


Selection:

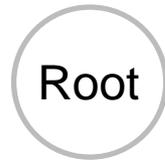
Wähle Kindknoten, oder sich selbst.

Wähle sich selbst, wenn noch nicht alle Kindknoten erzeugt wurden.

Ansonsten nutze UCT-Formel zur Auswahl des Kindknotens.



MCTS Beispiel

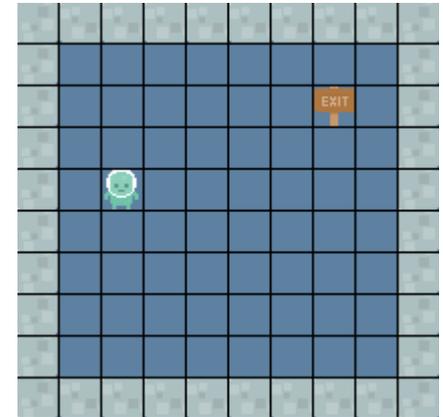


Selection:

Wähle Kindknoten, oder sich selbst.

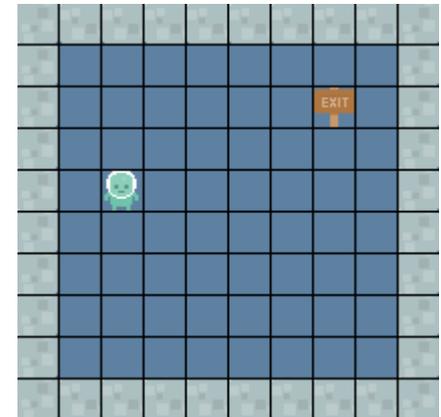
Wähle sich selbst, wenn noch nicht alle Kindknoten erzeugt wurden.

Ansonsten nutze UCT-Formel zur Auswahl des Kindknotens.

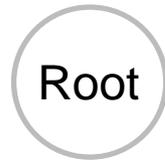


MCTS Beispiel

Root

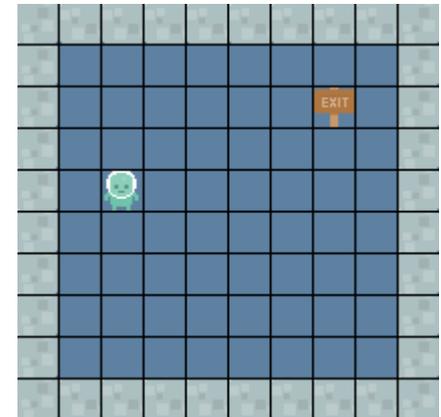


MCTS Beispiel

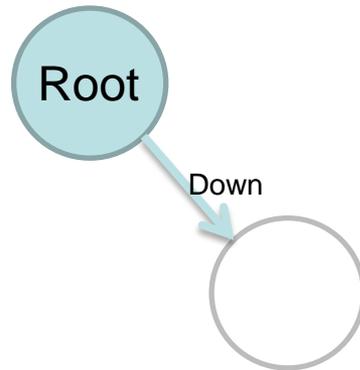


Expansion:

Erstelle ein Kindknoten (das es noch nicht gibt)



MCTS Beispiel



Expansion:

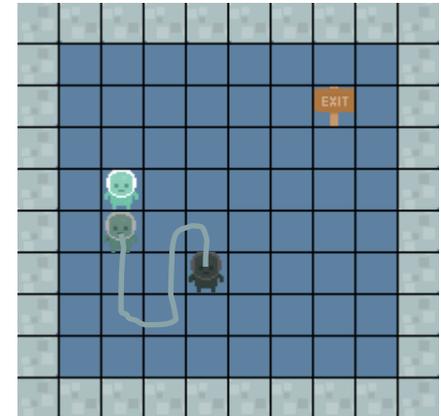
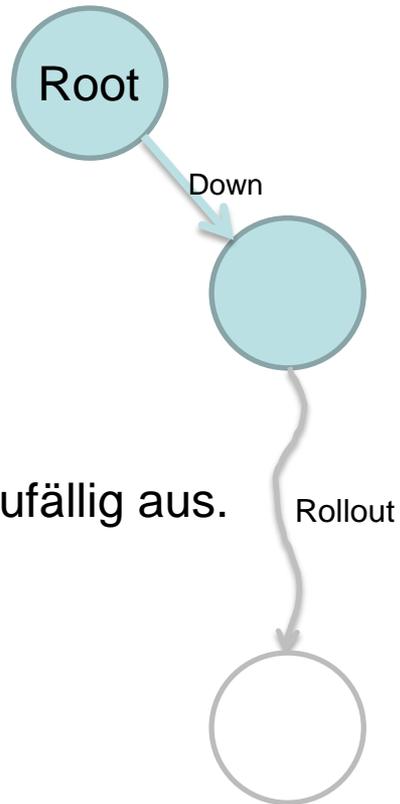
Erstelle ein Kindknoten (das es noch nicht gibt)



MCTS Beispiel

Simulation:

Führe X Schritte zufällig aus.

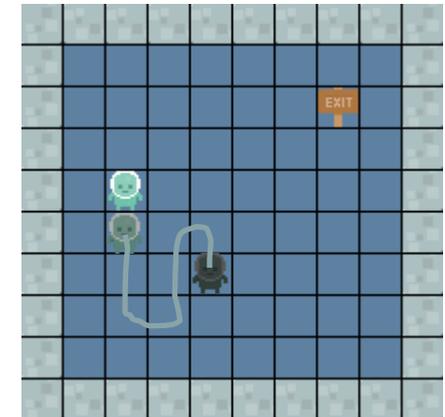
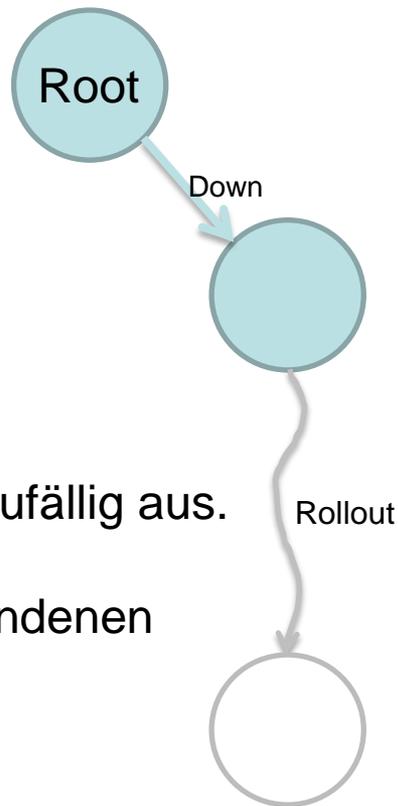


MCTS Beispiel

Simulation:

Führe X Schritte zufällig aus.

Und bewerte gefundenen
Spielzustand.



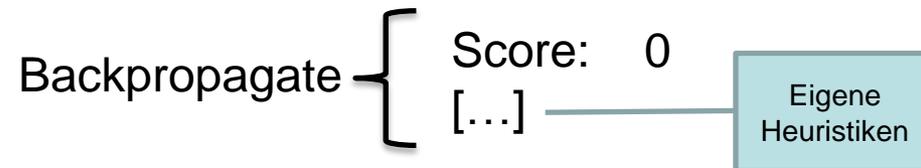
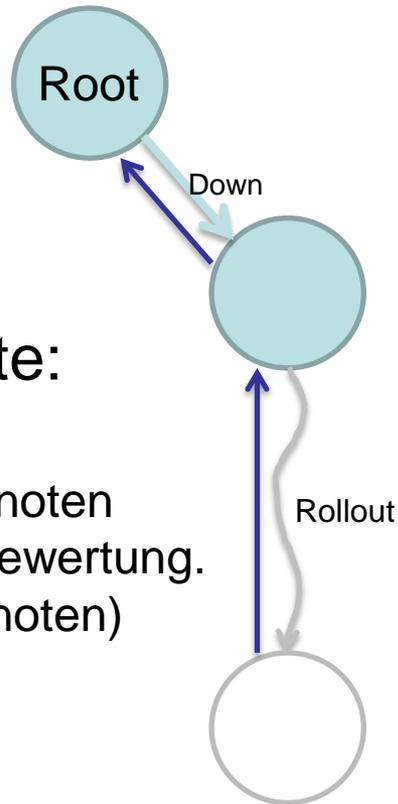
Score: 0
[...]

Eigene
Heuristiken

MCTS Beispiel

Backpropagate:

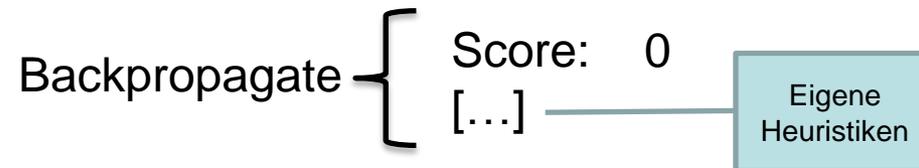
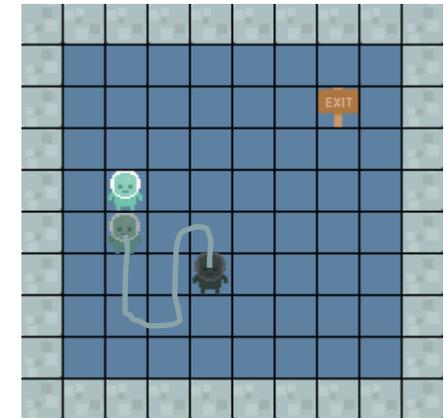
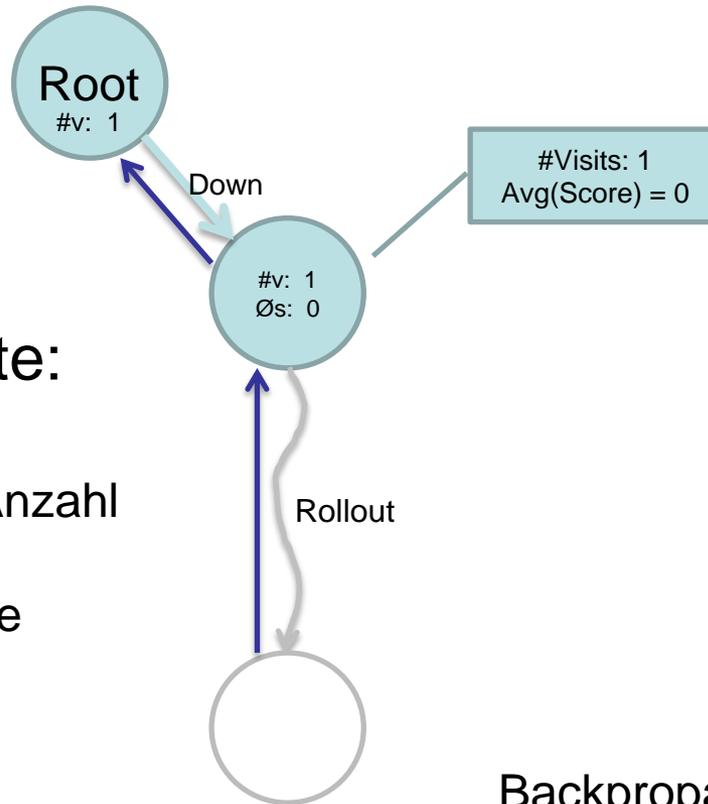
Informiere Elternknoten
über gefundene Bewertung.
(Bis zum Wurzelknoten)



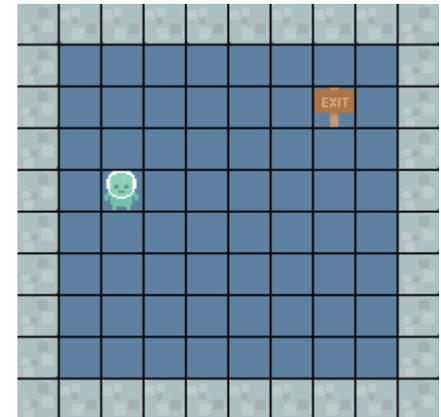
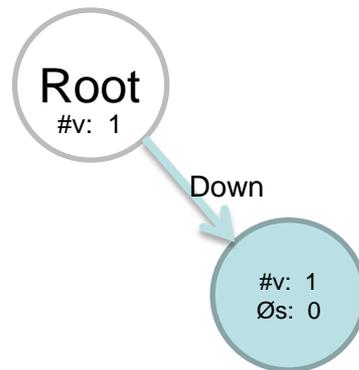
MCTS Beispiel

Backpropagate:

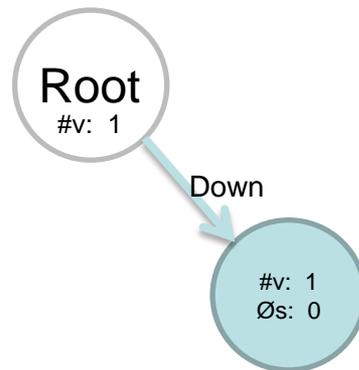
Speichere dabei Anzahl
der ‚Besuche‘ und
Durchschnittsscore
in jedem Knoten.



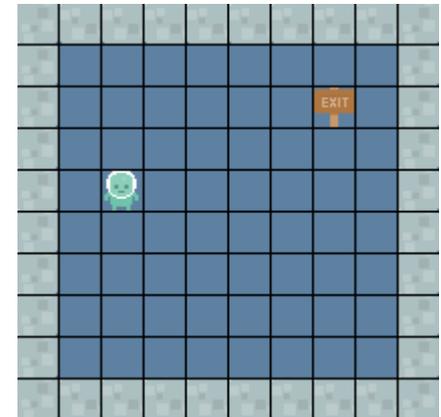
MCTS Beispiel



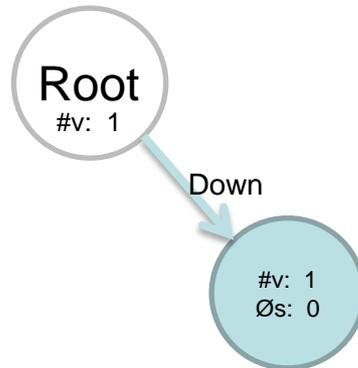
MCTS Beispiel



Wiederhole das Verfahren!



MCTS Beispiel

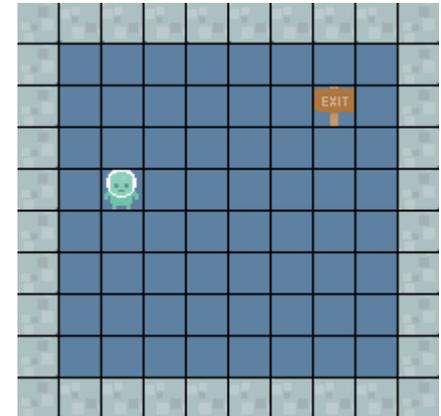


Selection:

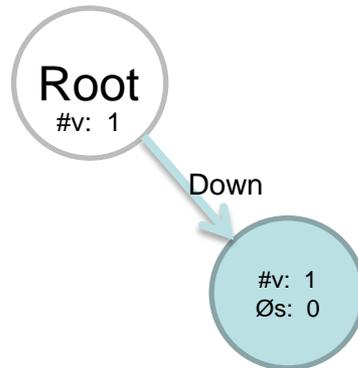
Wähle Kindknoten, oder sich selbst.

Wähle sich selbst, wenn noch nicht alle Kindknoten erzeugt wurden.

Ansonsten nutze UCT-Formel zur Auswahl des Kindknotens.



MCTS Beispiel

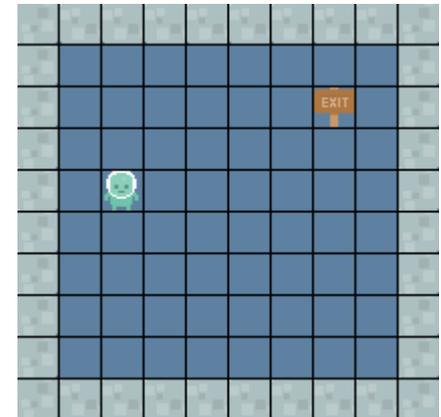


Selection:

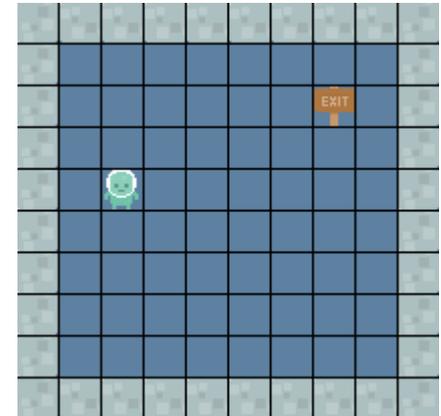
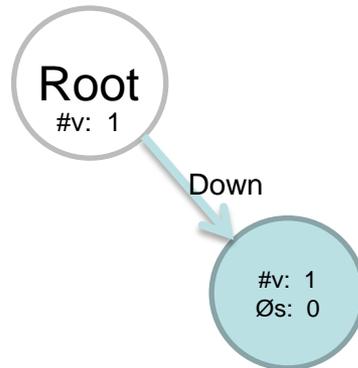
Wähle Kindknoten, oder sich selbst.

Wähle sich selbst, wenn noch nicht alle Kindknoten erzeugt wurden.

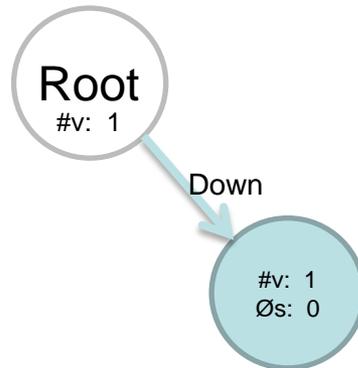
Ansonsten nutze UCT-Formel zur Auswahl des Kindknotens.



MCTS Beispiel

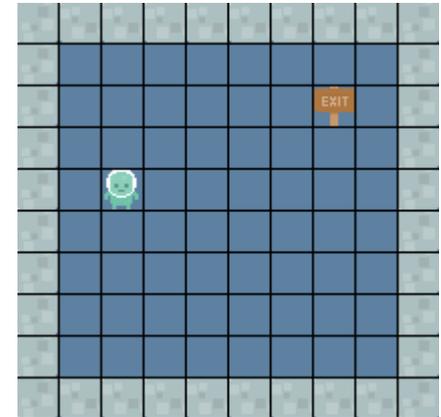


MCTS Beispiel

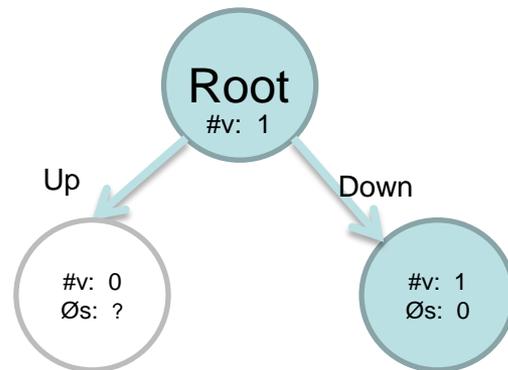


Expansion:

Erstelle ein Kindknoten (das es noch nicht gibt)



MCTS Beispiel

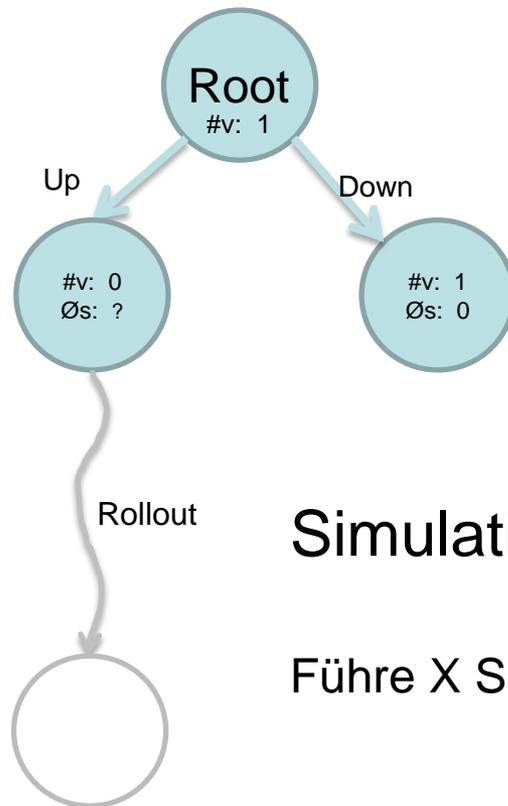


Expansion:

Erstelle ein Kindknoten (das es noch nicht gibt)



MCTS Beispiel

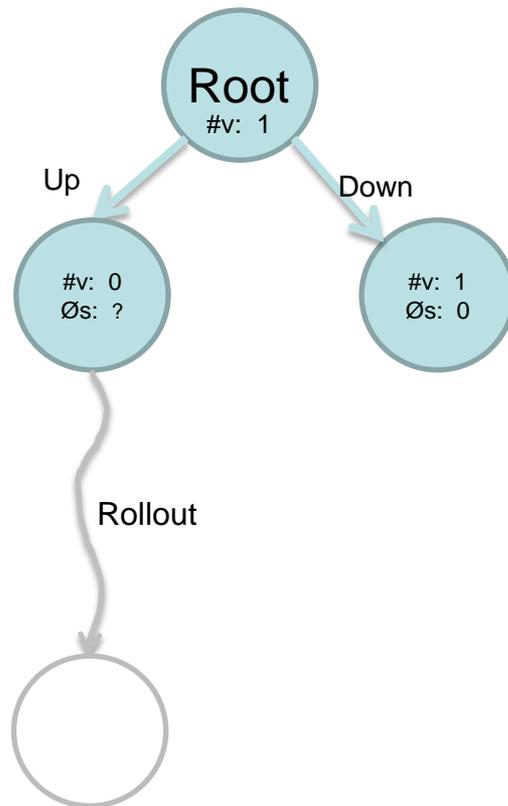


Simulation:

Führe X Schritte zufällig aus.

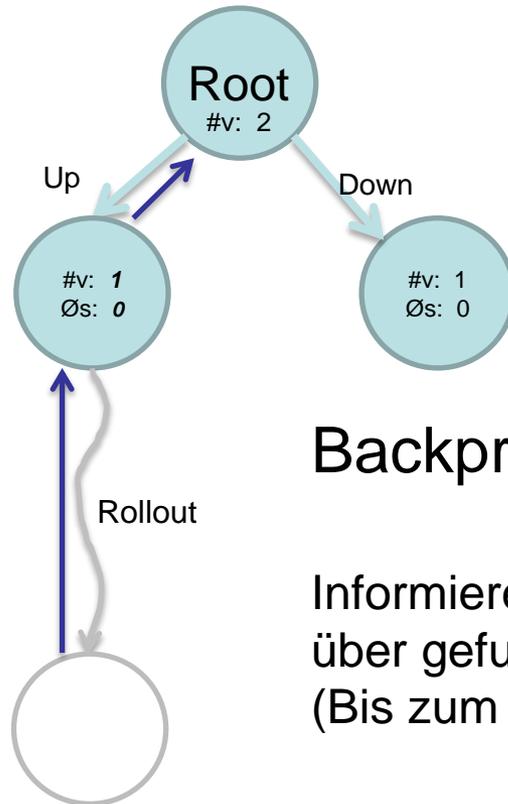


MCTS Beispiel



Score: 0
[...]

MCTS Beispiel



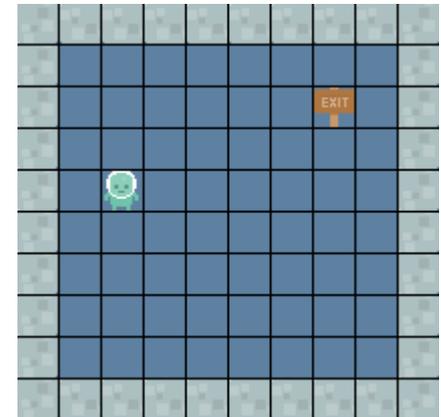
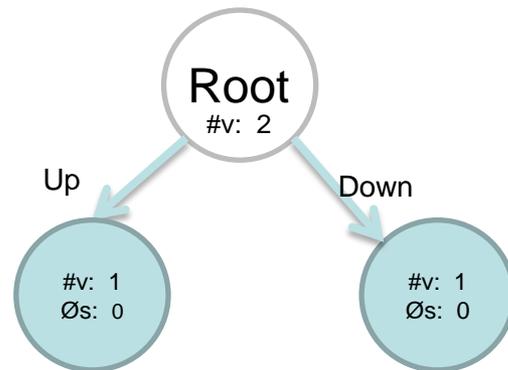
Backpropagate:

Informiere Elternknoten
über gefundene Bewertung.
(Bis zum Wurzelknoten)

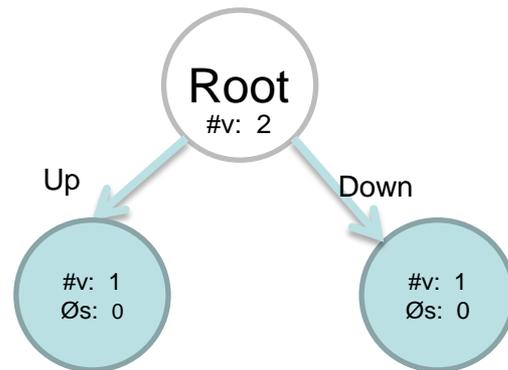
Backpropagate { Score: 0
[...]



MCTS Beispiel



MCTS Beispiel

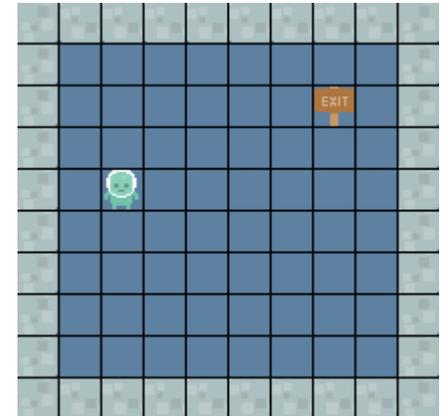


Selection:

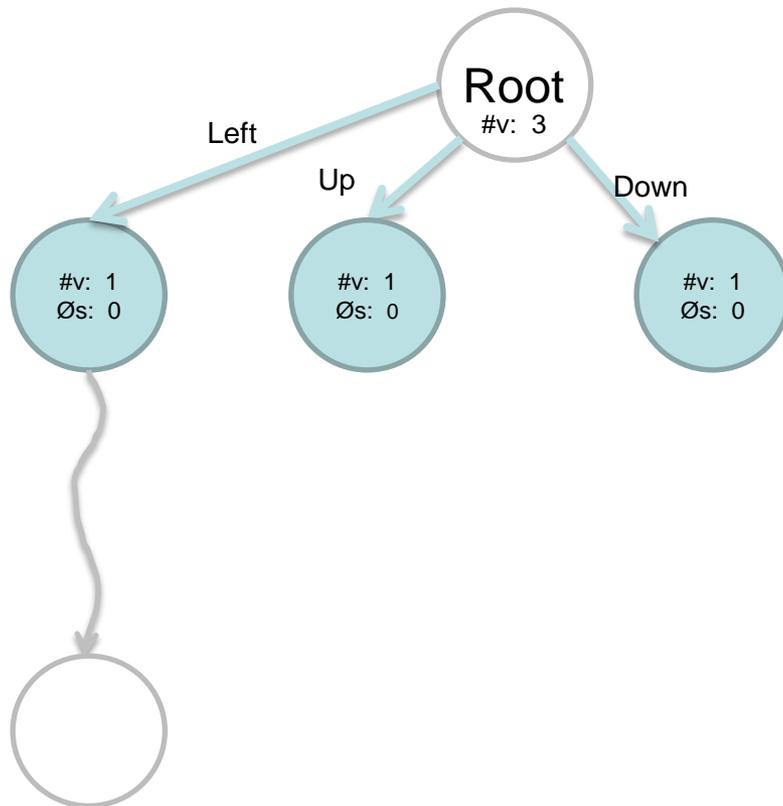
Wähle Kindknoten, oder sich selbst.

Wähle sich selbst, wenn noch nicht alle Kindknoten erzeugt wurden.

Ansonsten nutze UCT-Formel zur Auswahl des Kindknotens.

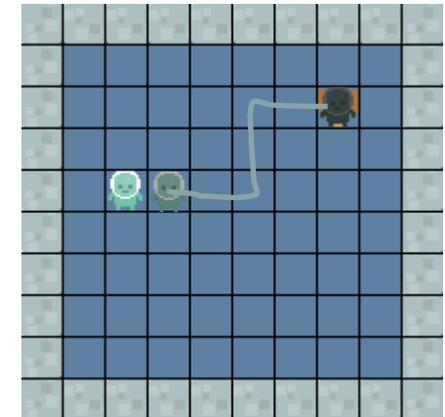
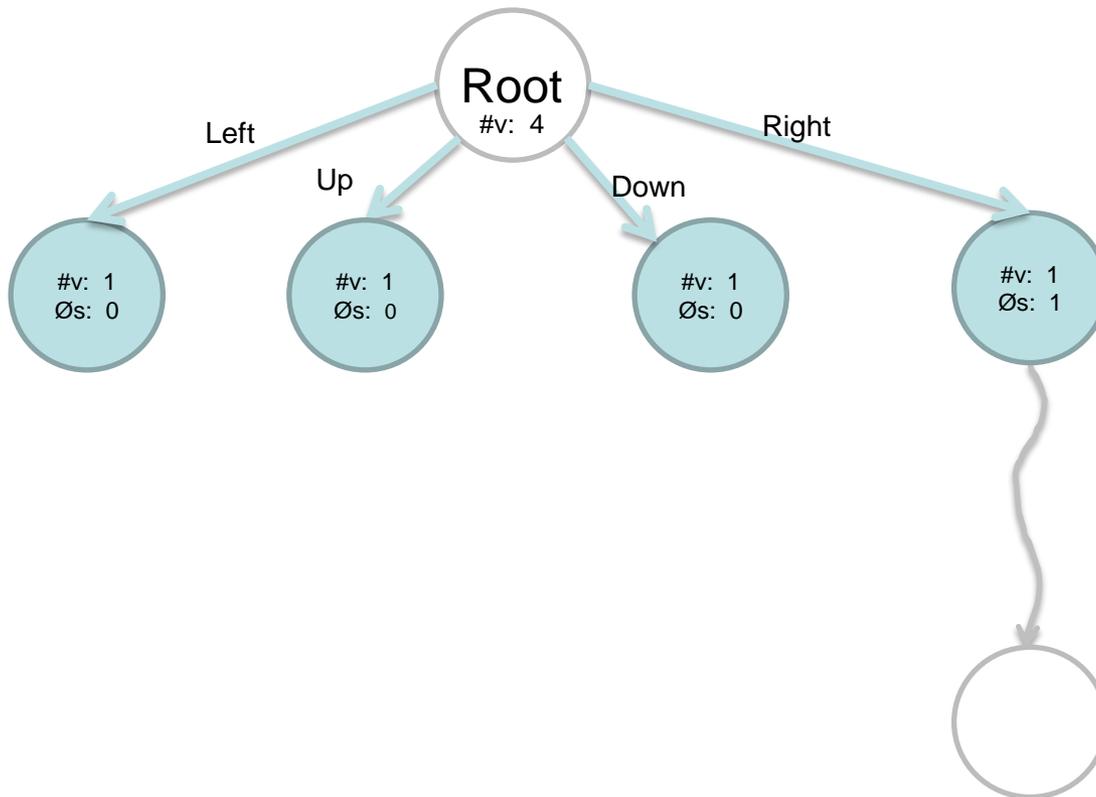


MCTS Beispiel



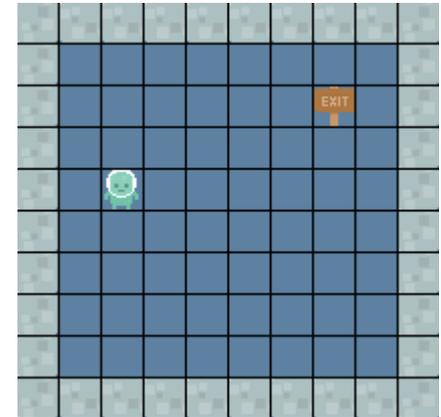
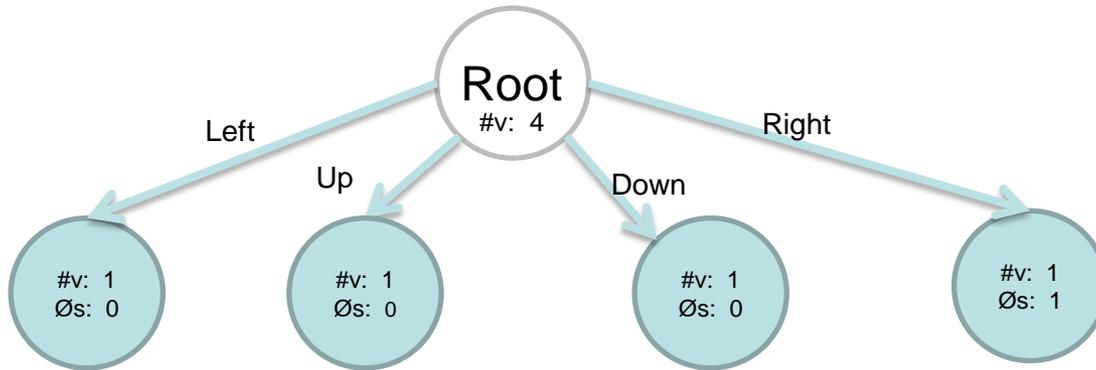
Score: 0
[...]

MCTS Beispiel

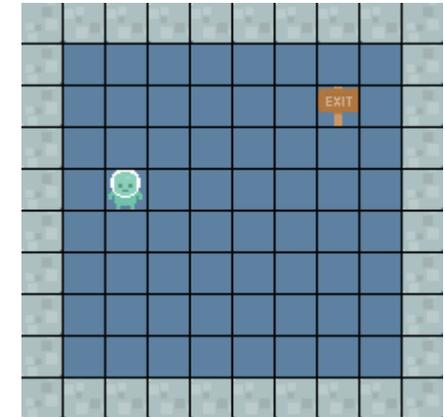
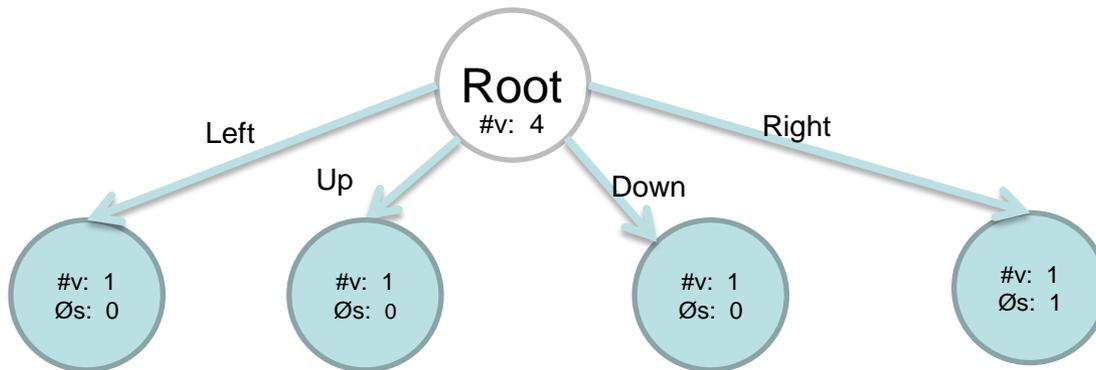


Score: 1
[...]

MCTS Beispiel



MCTS Beispiel



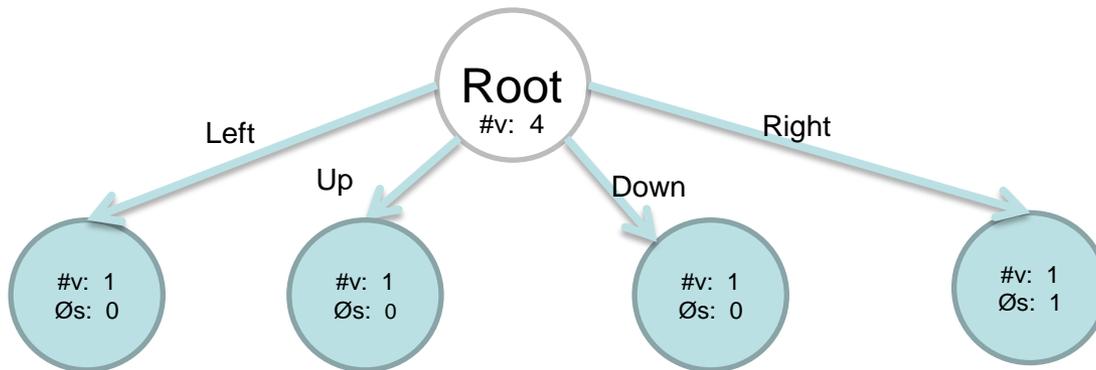
Selection:

Wähle Kindknoten, oder sich selbst.

Wähle sich selbst, wenn noch nicht alle Kindknoten erzeugt wurden.

Ansonsten nutze UCT-Formel zur Auswahl des Kindknotens.

MCTS Beispiel

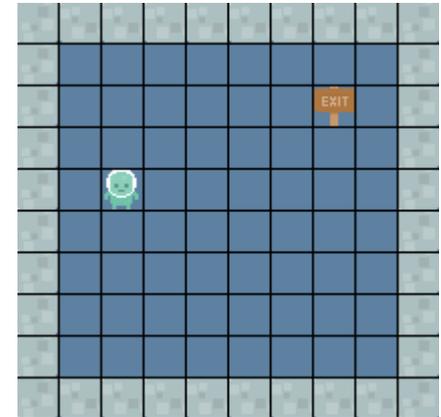


Selection:

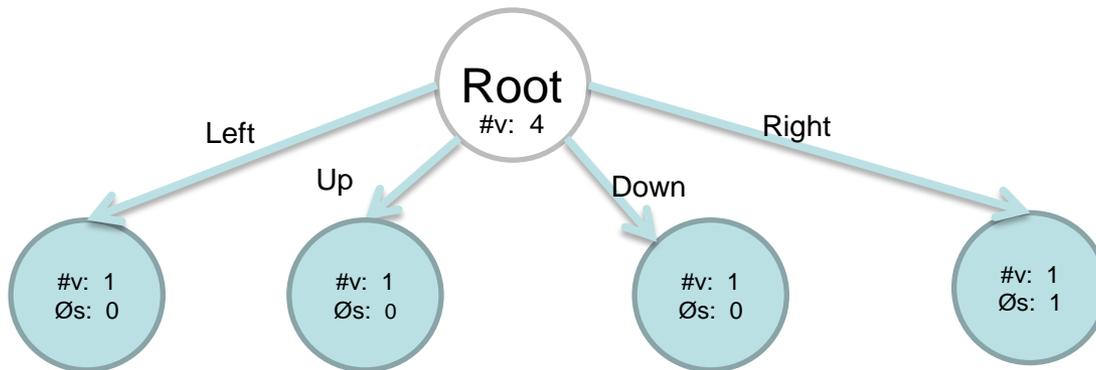
Wähle Kindknoten, oder sich selbst.

Wähle sich selbst, wenn noch nicht alle Kindknoten erzeugt wurden.

Ansonsten nutze UCT-Formel zur Auswahl des Kindknotens.



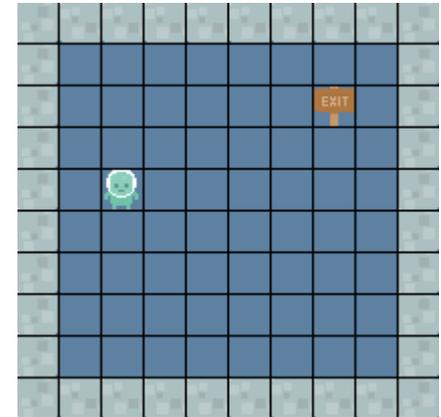
MCTS Beispiel



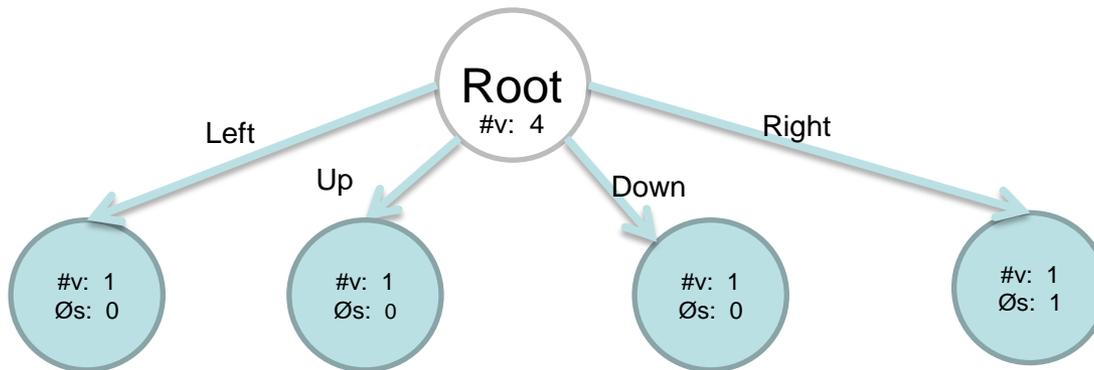
Selection: Welchen Knoten weiter untersuchen?

UCT-Formel:

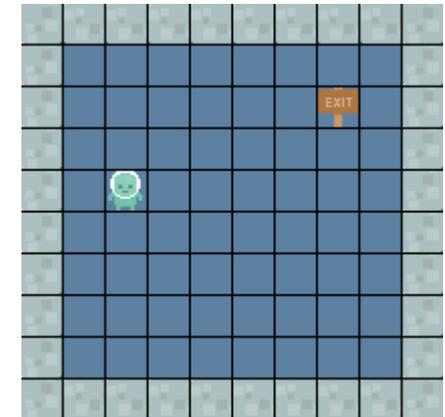
$$s_{max} = \arg \max_{s \in \text{Successors}(n)} \text{value}(s) + C * \sqrt{\frac{\ln(\#visits(n))}{visits(s)}}$$



MCTS Beispiel



Selection: Welchen Knoten weiter untersuchen?

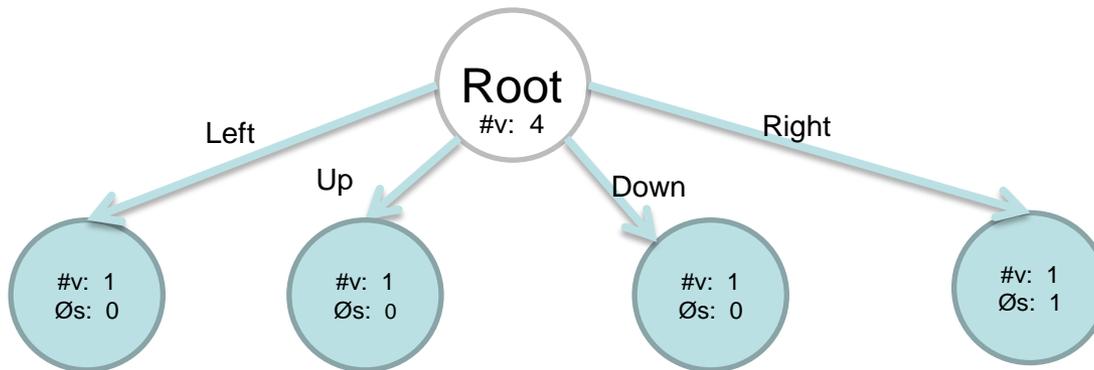


UCT-Formel:

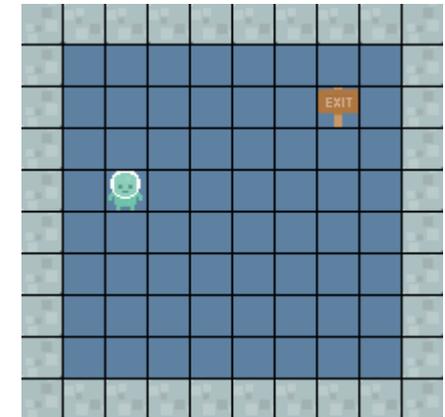
$$s_{max} = \arg \max_{s \in \text{Successors}(n)} \underbrace{value(s)}_{\text{Exploitation (Höherer Durchschnittsscore} \rightarrow \text{größerer Wert)}} + C * \underbrace{\sqrt{\frac{\ln(\#visits(n))}{visits(s)}}}_{\text{Exploration (Öfter untersucht} \rightarrow \text{kleinerer Wert)}}$$

Trade-off

MCTS Beispiel



Selection: Welchen Knoten weiter untersuchen?



UCT-Formel:

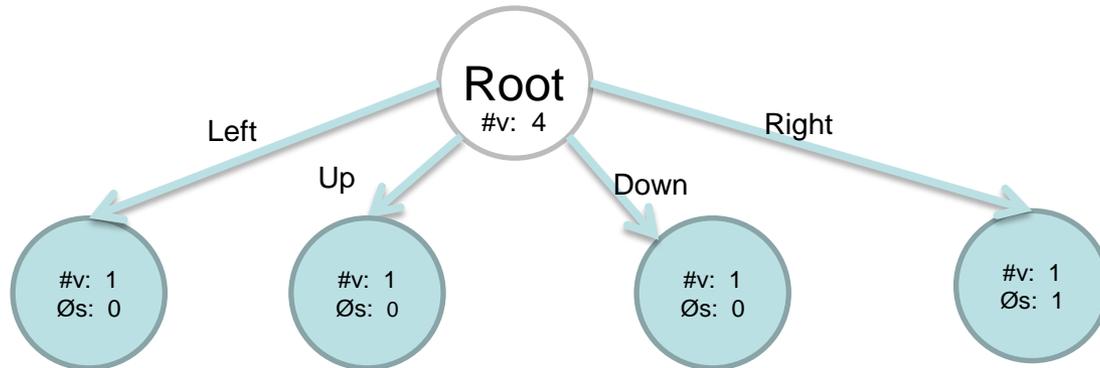
$$S_{max} = \arg \max_{s \in \text{Successors}(n)} \underbrace{value(s)}_{\text{Exploitation (Höherer Durchschnittsscore} \rightarrow \text{größerer Wert)}} + C * \underbrace{\sqrt{\frac{\ln(\#visits(n))}{visits(s)}}}_{\text{Exploration (Öfter untersucht} \rightarrow \text{kleinerer Wert)}}$$

Trade-off

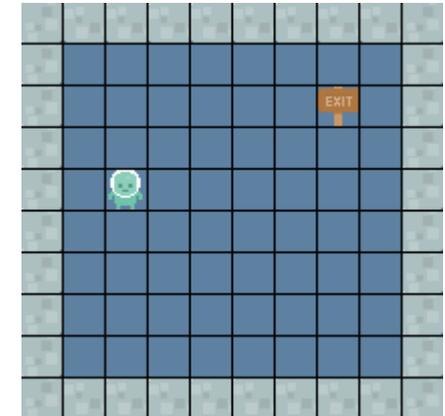
$$C = \sqrt{2}$$

ist gut für
den Anfang

MCTS Beispiel

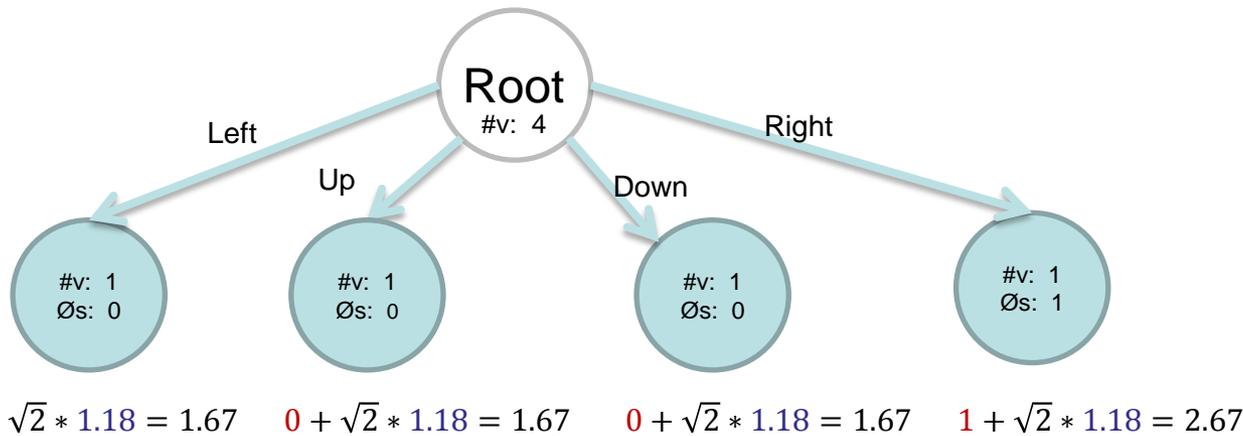


$$0 + \sqrt{2} * 1.18 = 1.67 \quad 0 + \sqrt{2} * 1.18 = 1.67 \quad 0 + \sqrt{2} * 1.18 = 1.67 \quad 1 + \sqrt{2} * 1.18 = 2.67$$

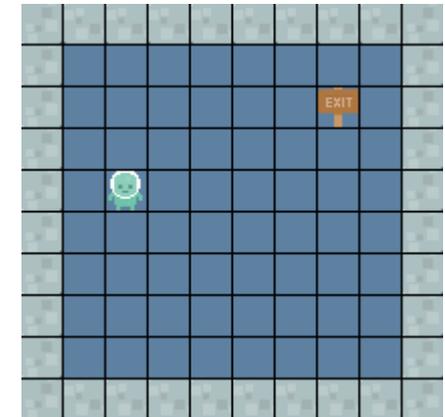


$$S_{max} = \arg \max_{s \in \text{Successors}(n)} \text{value}(s) + C * \sqrt{\frac{\ln(\#visits(n))}{visits(s)}}$$

MCTS Beispiel

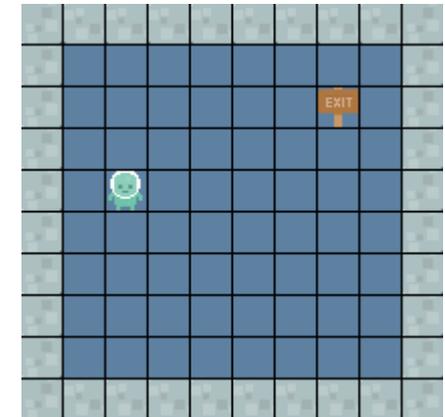
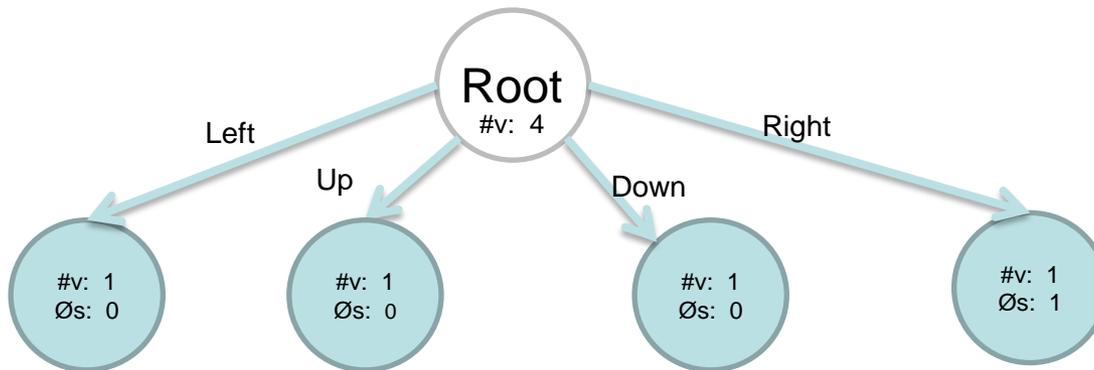


Höchster Wert
→ Select

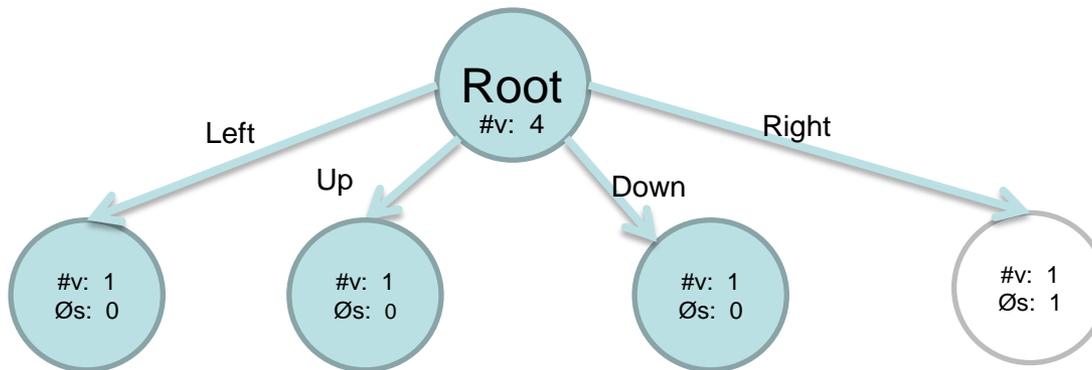


$$S_{max} = \arg \max_{s \in \text{Successors}(n)} \text{value}(s) + C * \sqrt{\frac{\ln(\#visits(n))}{visits(s)}}$$

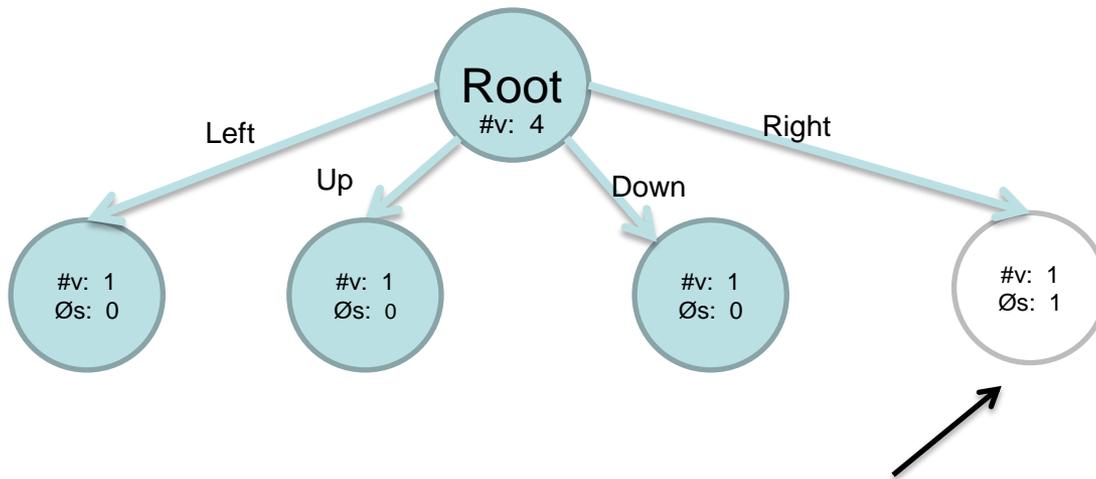
MCTS Beispiel



MCTS Beispiel



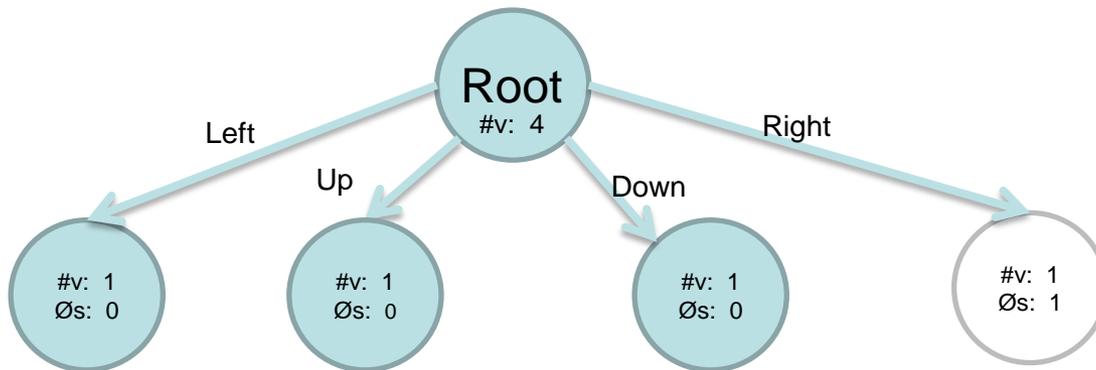
MCTS Beispiel



Selection ist noch nicht vorbei!



MCTS Beispiel



Selection:

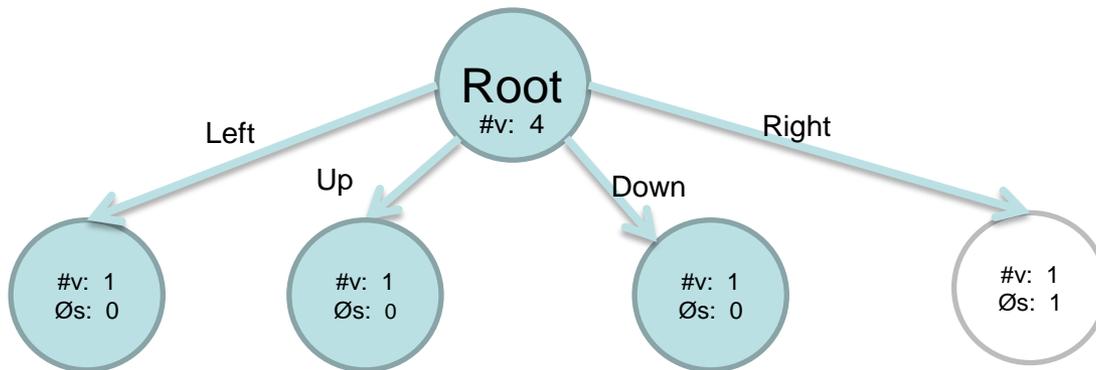
Wähle Kindknoten, oder sich selbst.

Wähle sich selbst, wenn noch nicht alle Kindknoten erzeugt wurden.

Ansonsten nutze UCT-Formel zur Auswahl des Kindknotens.



MCTS Beispiel



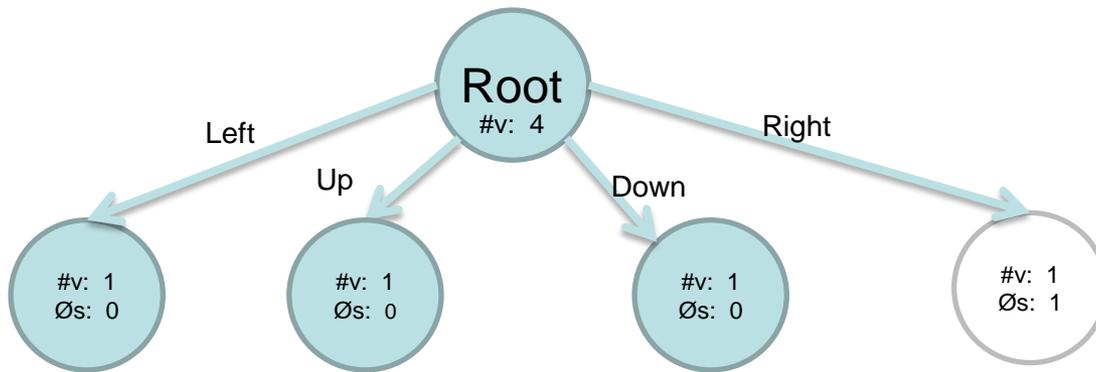
Selection:

Wähle Kindknoten, oder sich selbst.

Wähle sich selbst, wenn noch nicht alle Kindknoten erzeugt wurden.

Ansonsten nutze UCT-Formel zur Auswahl des Kindknotens.

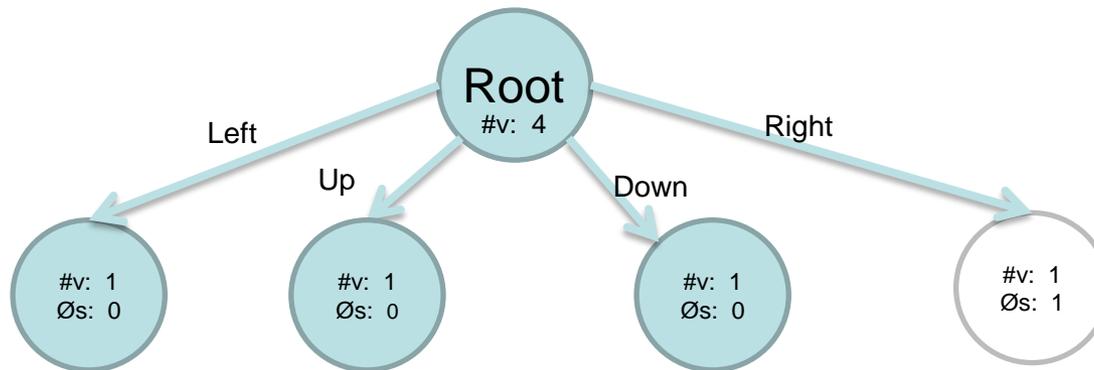
MCTS Beispiel



Jetzt ist Selection vorbei 😊



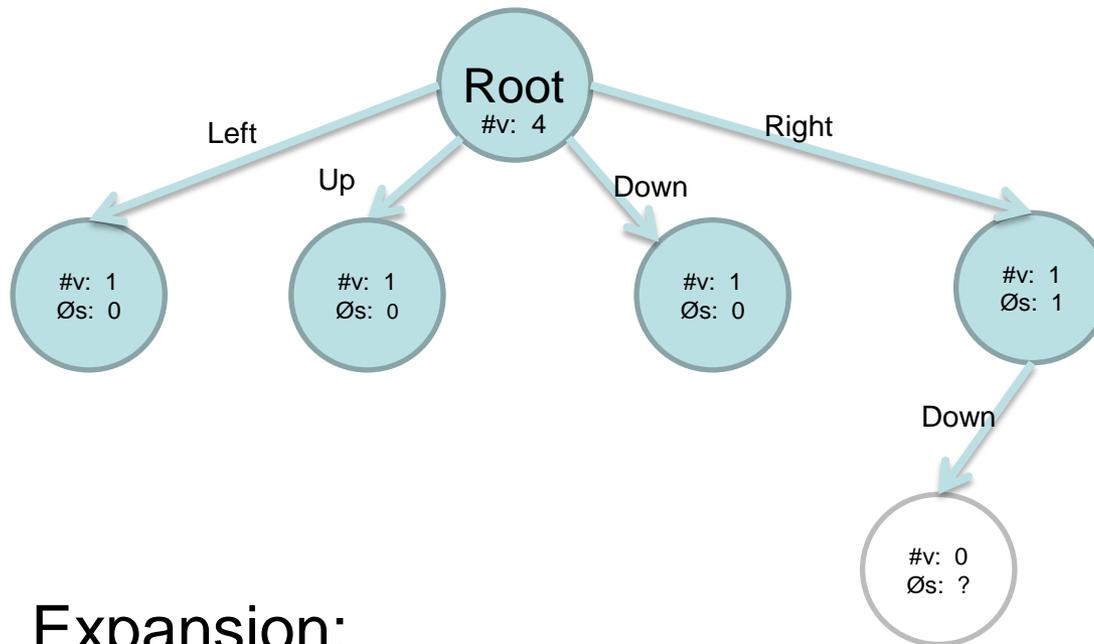
MCTS Beispiel



Expansion:

Erstelle ein Kindknoten (das es noch nicht gibt)

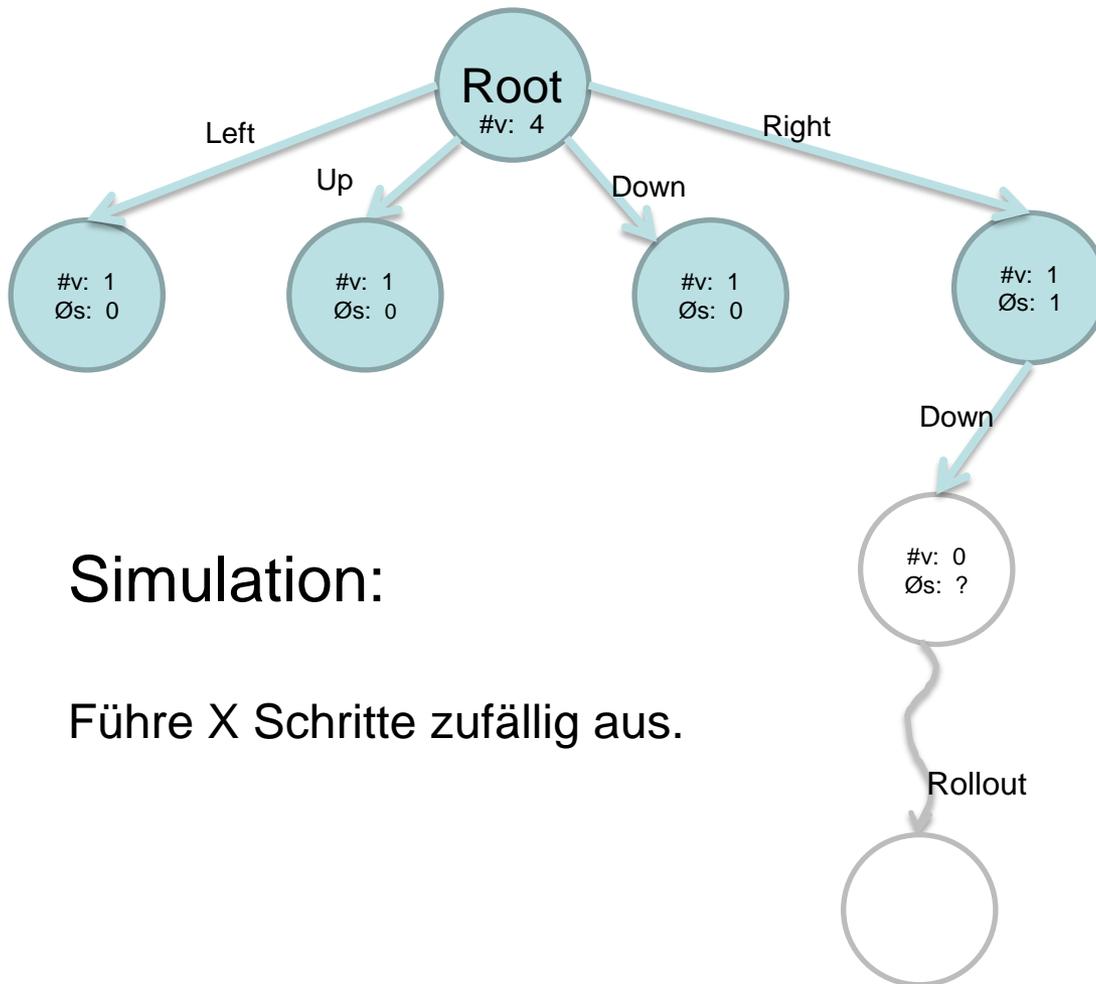
MCTS Beispiel



Expansion:

Erstelle ein Kindknoten (das es noch nicht gibt)

MCTS Beispiel

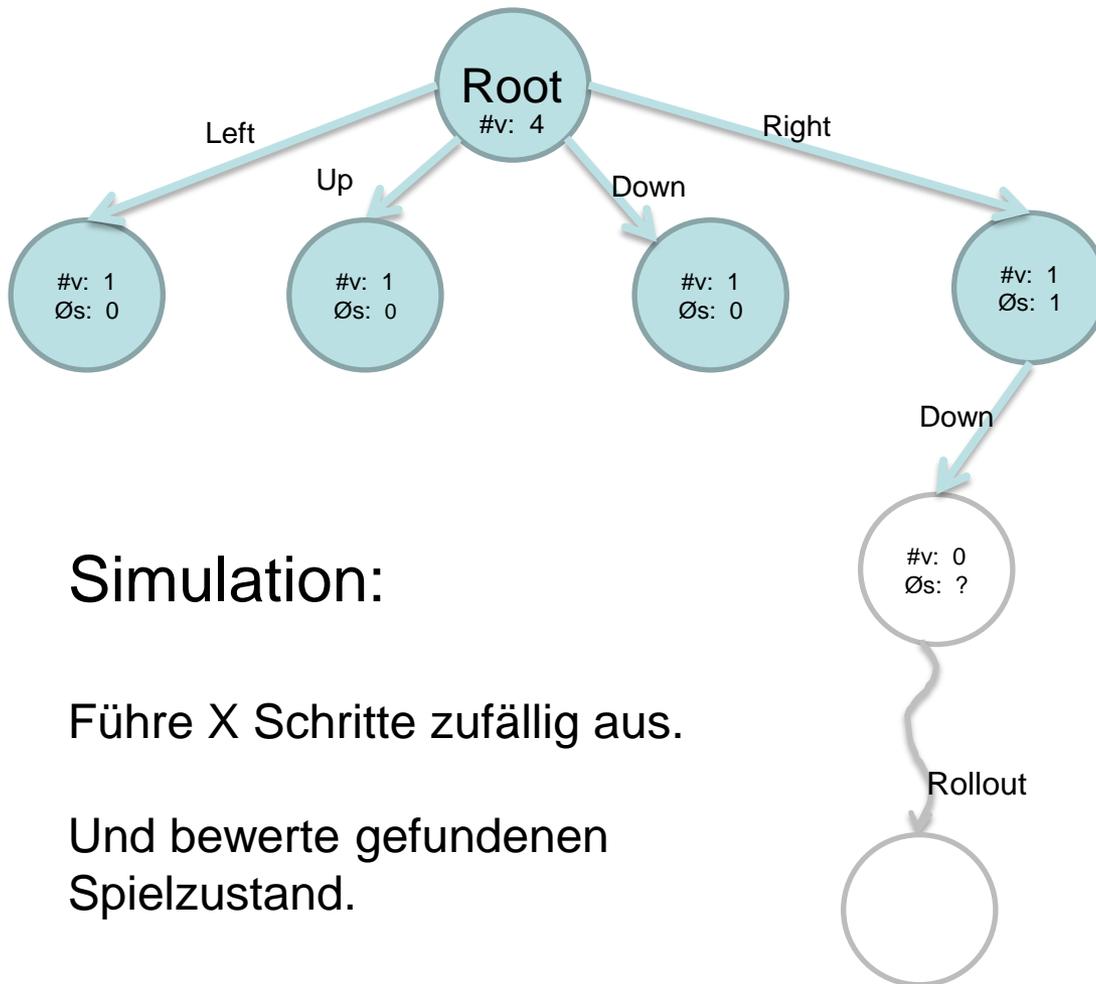


Simulation:

Führe X Schritte zufällig aus.



MCTS Beispiel



Simulation:

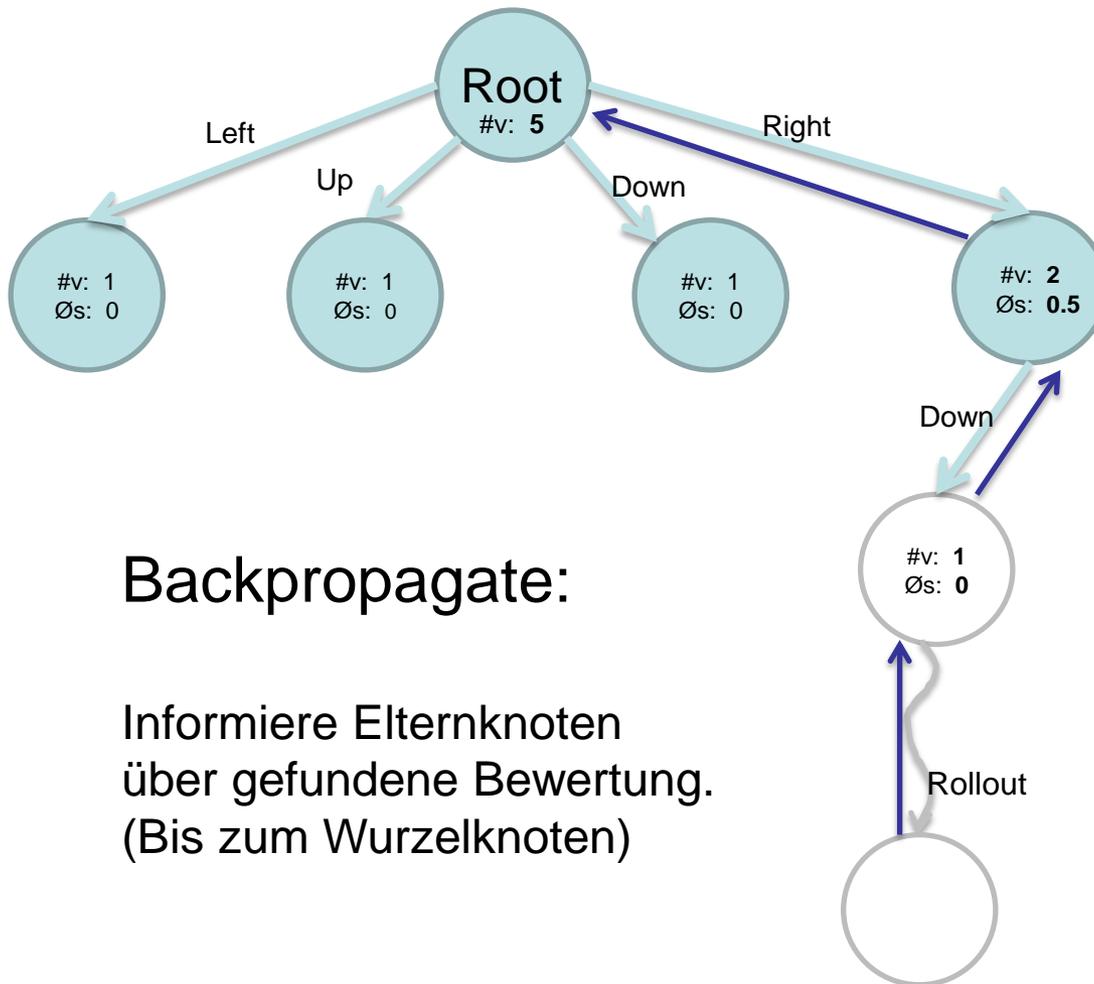
Führe X Schritte zufällig aus.

Und bewerte gefundenen
Spielzustand.



Score: 0
[...]

MCTS Beispiel



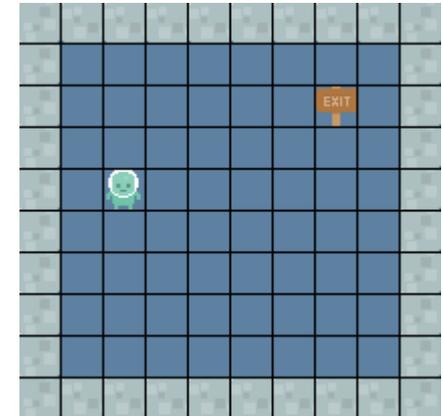
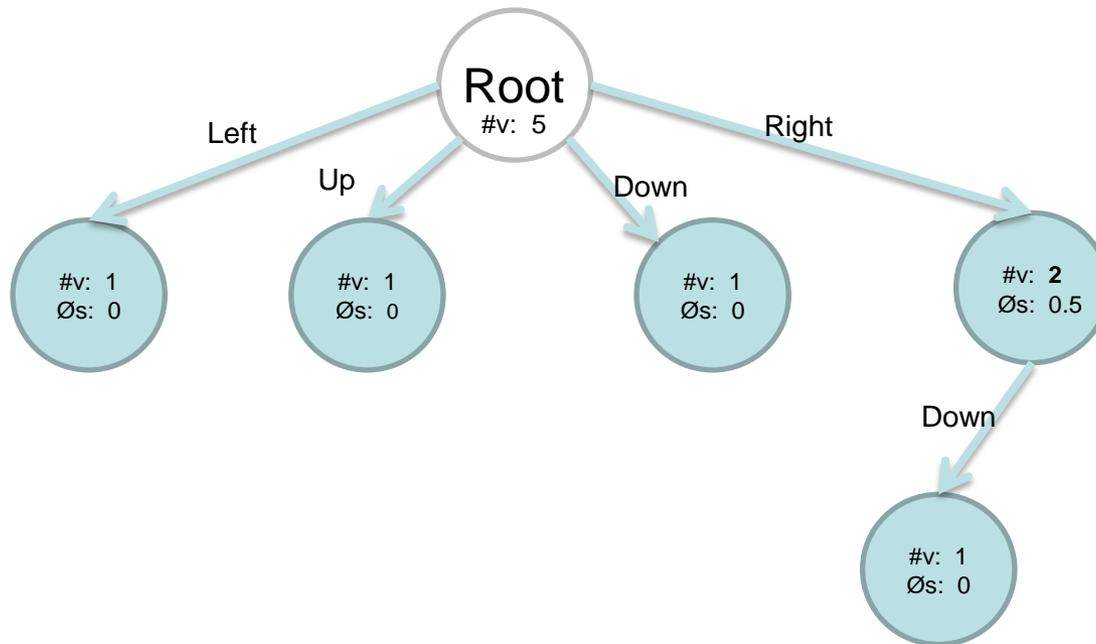
Backpropagate:

Informiere Elternknoten
über gefundene Bewertung.
(Bis zum Wurzelknoten)

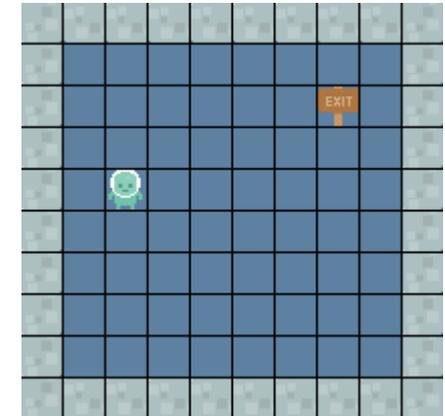
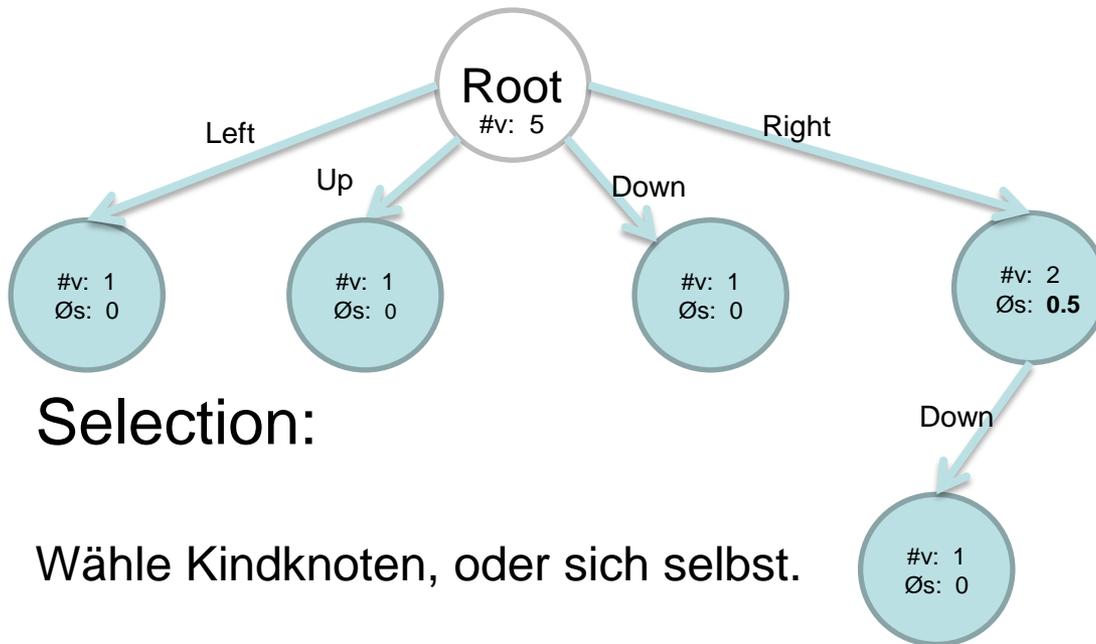


{ Score: 0
[...]

MCTS Beispiel



MCTS Beispiel



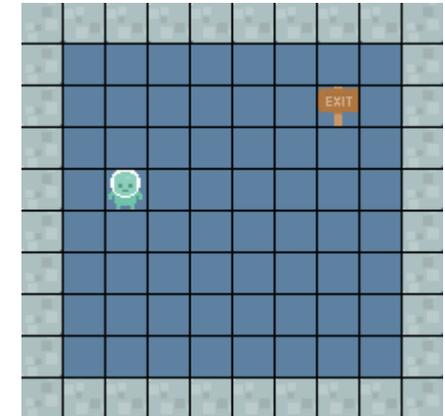
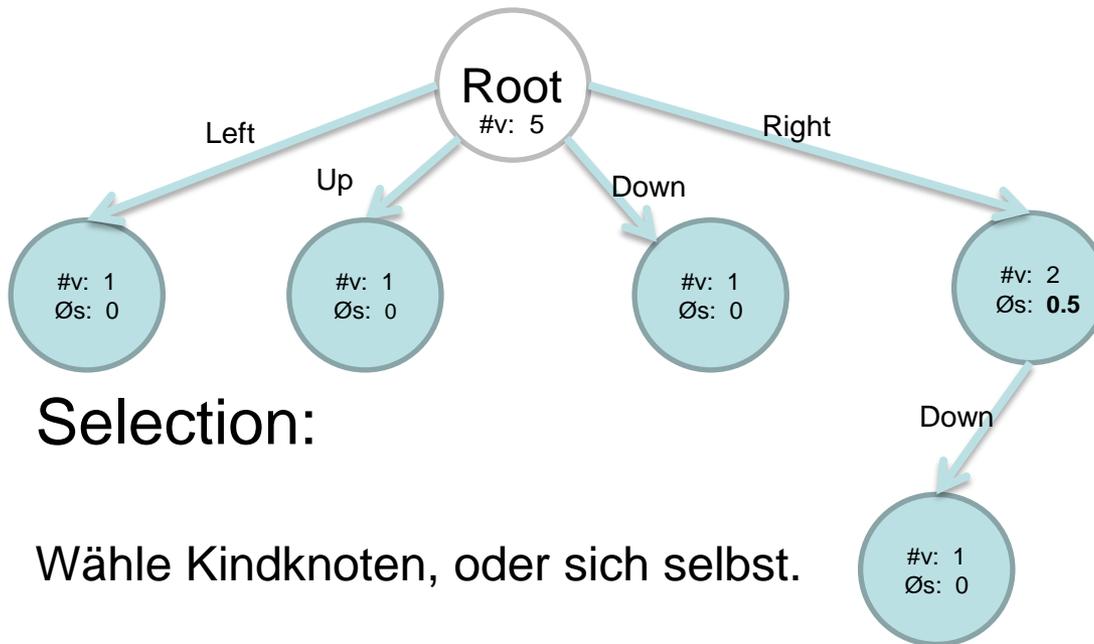
Selection:

Wähle Kindknoten, oder sich selbst.

Wähle sich selbst, wenn noch nicht alle Kindknoten erzeugt wurden.

Ansonsten nutze UCT-Formel zur Auswahl des Kindknotens.

MCTS Beispiel



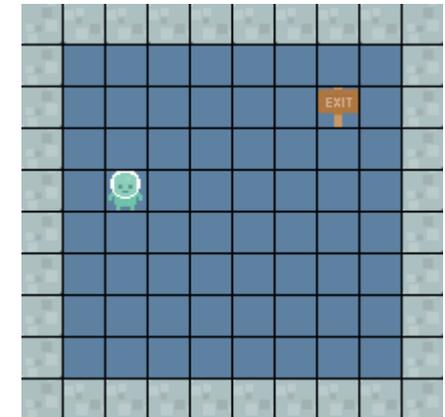
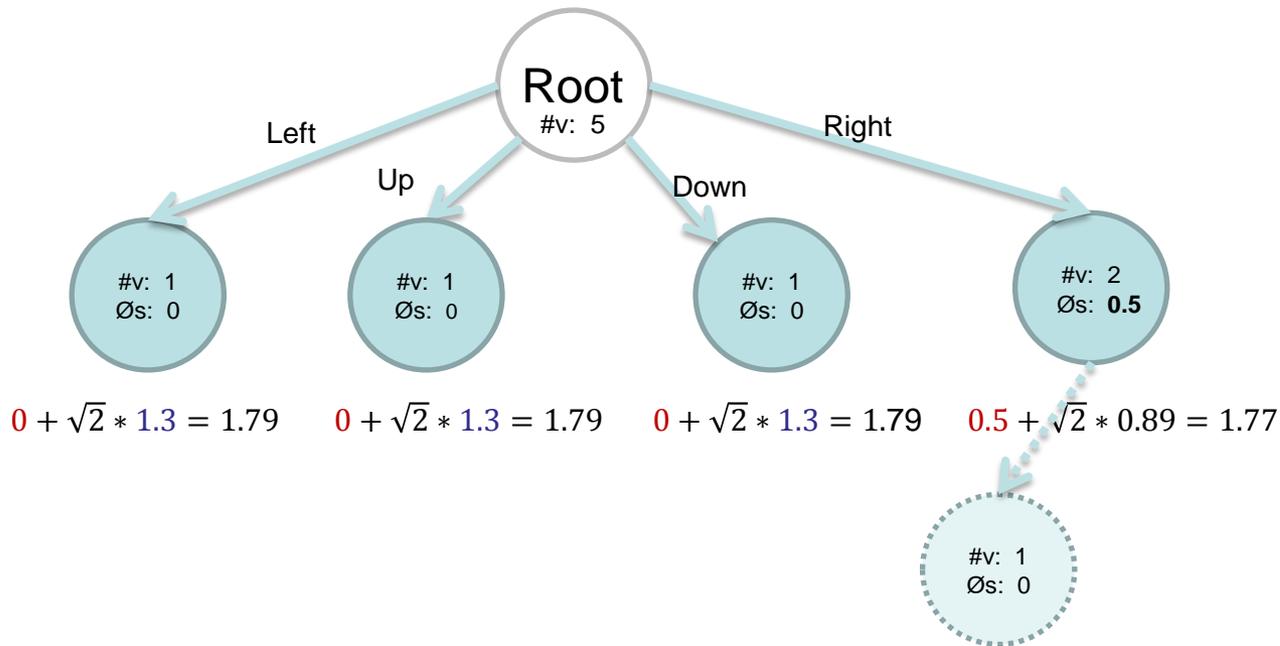
Selection:

Wähle Kindknoten, oder sich selbst.

Wähle sich selbst, wenn noch nicht alle Kindknoten erzeugt wurden.

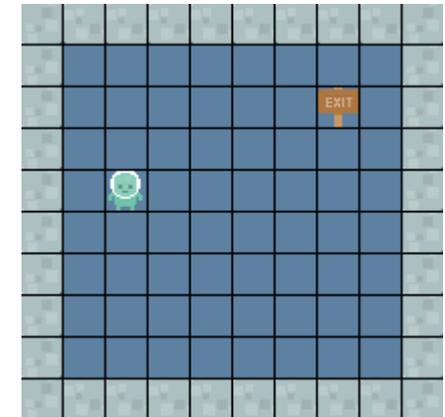
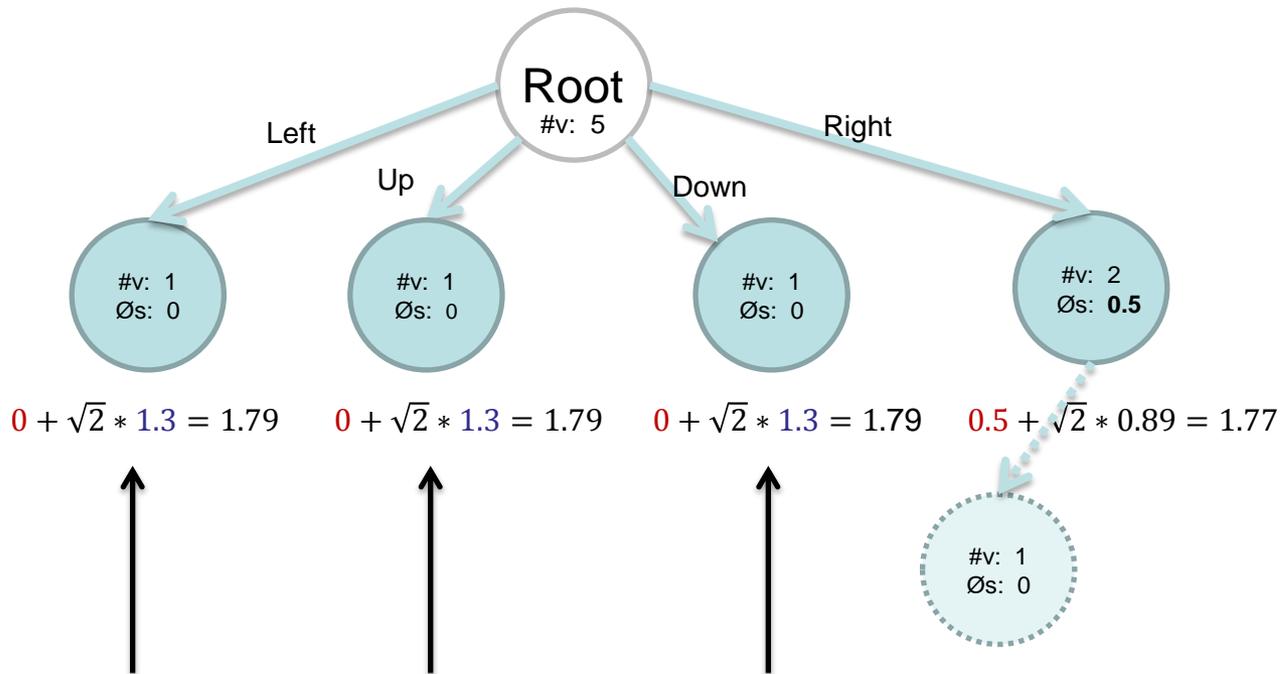
Ansonsten nutze UCT-Formel zur Auswahl des Kindknotens.

MCTS Beispiel



$$S_{max} = \arg \max_{s \in \text{Successors}(n)} \text{value}(s) + C * \sqrt{\frac{\ln(\#visits(n))}{visits(s)}}$$

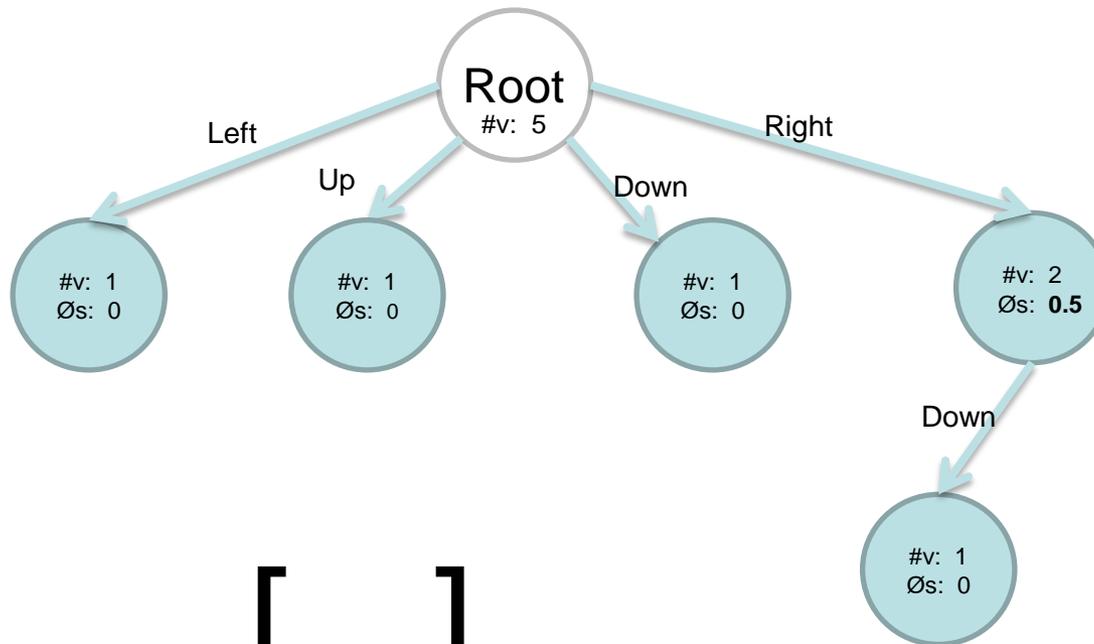
MCTS Beispiel



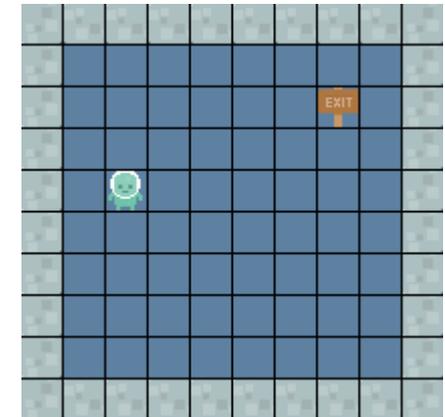
Drei mit höchstem Wert → wähle bspw. zufällig

$$S_{max} = \arg \max_{s \in \text{Successors}(n)} \text{value}(s) + C * \sqrt{\frac{\ln(\#visits(n))}{visits(s)}}$$

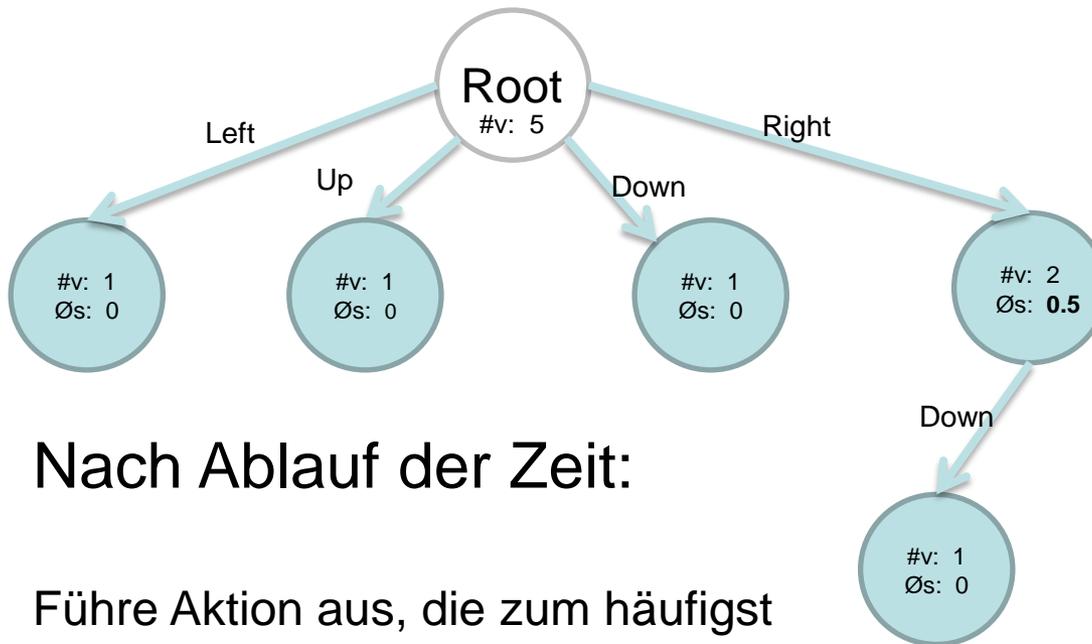
MCTS Beispiel



[. . .]



MCTS Beispiel

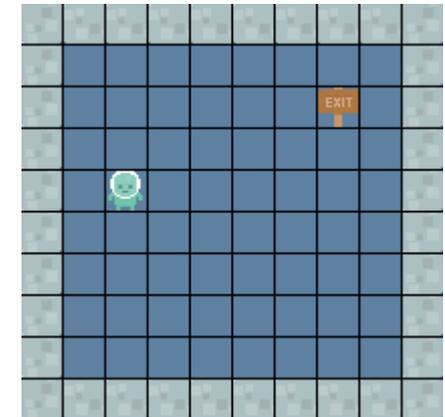


Nach Ablauf der Zeit:

Führe Aktion aus, die zum häufigst besuchten Kindknoten führt.

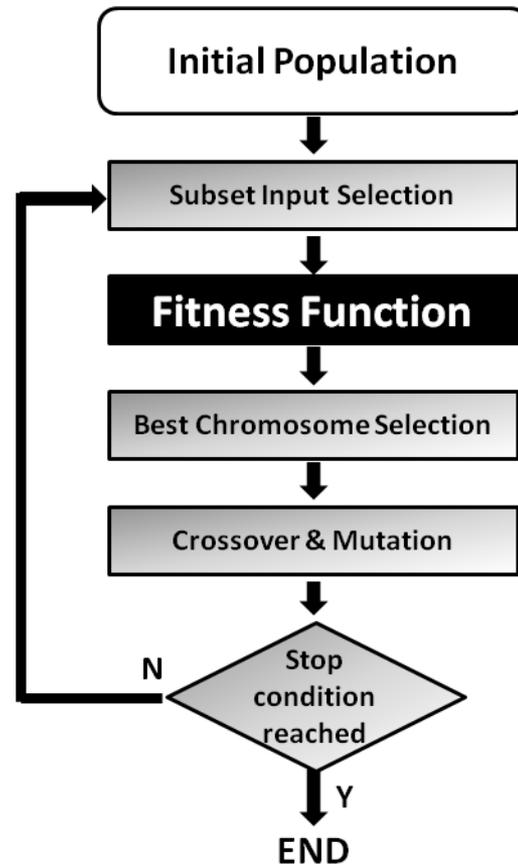
(Hier -> Right)

Beachte: Das ist nicht die Auswahl, die die UCT-Formel machen würde!



- Knoten Preinitialization
 - Welchen Kindknoten erzeuge ich zuerst?
 - UCT-Value für unbesuchte Knoten
- Pruning
 - Welche Knoten können ignoriert werden
- Guided Rollouts
 - Mache keine zufälligen Züge, sondern wähle geschickte Züge
- Heuristik
 - Wie werden die Zustände bewertet / Was wird backpropagated

Genetic Algorithm - GA



Genetic Algorithm - GA

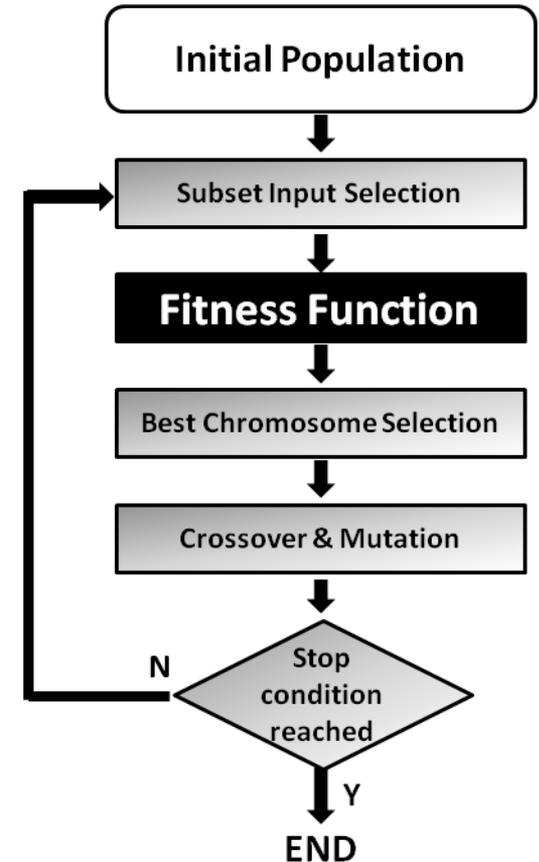
1. Grundlegende Begriffe

- Chromosom:

Ein Chromosom ist traditionell ein binärer Vektor

- Population:

Ist ein Set aus Chromosomen



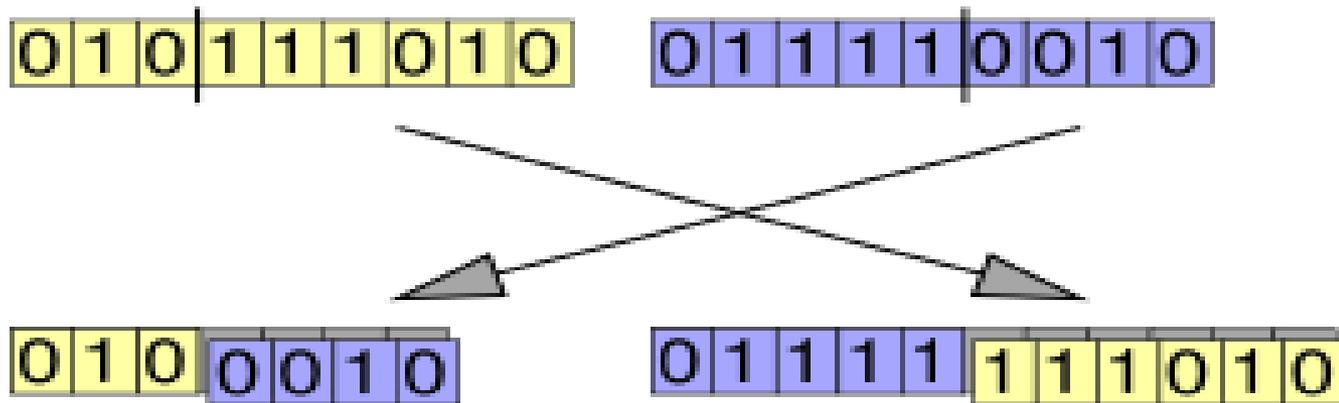
GA – Initialization Step

- Die Populationsgröße hängt vom Problem ab
 - In unserem Fall z.B. #mögliche Aktionen
- Initialisierung der Population per Zufall

- Während jeder Iteration Teil der Population auswählen, um neue Generation zu erstellen.
- Auswahl via „Fitness Funktion“
 - Finden einer optimalen „FF“ schwierig.
 - „FF“ muss schnell zu berechnen sein, da ein GA oft iterieren muss um gute Ergebnisse zu liefern.
 - Einfache aber sehr naiv „Random Selection“.

GA – Genetic Operators 1

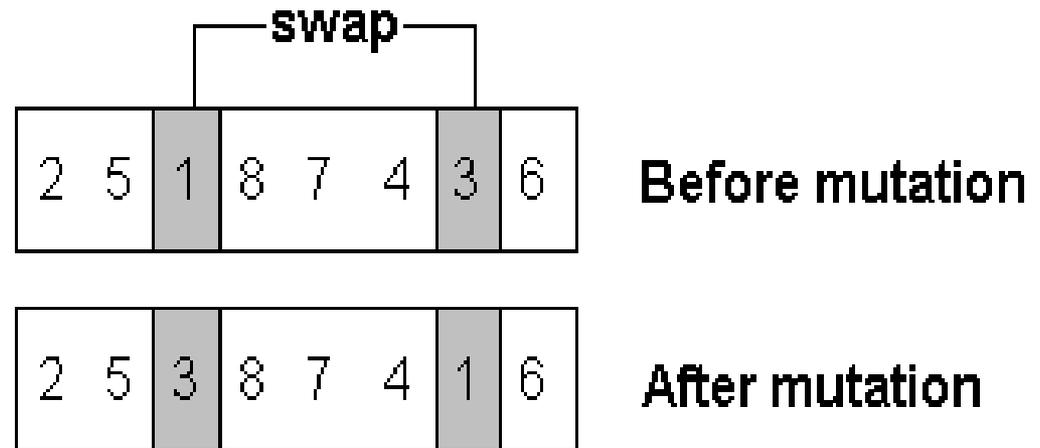
- Aus den vorher ausgewählten Chromosomen nun jeweils zwei als Eltern bestimmen.
- Wenn zwei Eltern gefunden, neues Chromosom erstellen via „Crossover Operator“



GA – Genetic Operators 1

- Nach dem „Crossover“ nun den das resultierende Chromosom mutieren.

– z.B. mit Swap



- Auch andere Mutationen möglich.

GA – Termination

- Solange wiederholen mit neuer Population bis keine Zeit mehr verfügbar ist.

- Bis nächste Woche:
 - Individuellen Schwerpunkt vertiefen und implementieren
 - Agenten auf Trainingsset 1, 3 und beliebigem weiteren hochladen
 - Paper lesen
 - Gruppe specializedGenerals: Vortrag
- Termine:
 - 4.Mai: Fällt aus!