

# Grundlagen der Künstlichen Intelligenz

Prof. Dr. W. Burgard, Prof. Dr. B. Nebel,  
Prof. Dr. M. Riedmiller  
J. Aldinger, J. Boedecker, P. Ruchti  
Sommersemester 2014

Universität Freiburg  
Institut für Informatik

## Übungsblatt 2

Abgabe: Mittwoch, 21. Mai 2014

### Aufgabe 2.1 (Problemformalisierung)

Geben Sie für die folgenden Problemstellungen jeweils eine möglichst präzise Formulierung an, die aus Anfangszustand, Zustandsraum, Aktionen, Zieltest und einer Pfadkostenfunktion besteht:

- Sie wollen den Rubiks Zauberwürfel lösen.  
<http://de.wikipedia.org/wiki/Zauberw%C3%BCrfel>
- Sie wollen eine Karte von Europa mit nur vier Farben einfärben. Damit man die Grenzen einzelner Länder erkennen kann, ist es erforderlich, dass es keine Nachbarländer mit gleicher Einfärbung gibt.

### Aufgabe 2.2 (Uninformierte Belief-Space-Suche)

Ein Roboter lebt in einer Welt mit zwei Räumen, welche durch eine Türe getrennt sind. An der Wand jeden Raumes befindet sich ein Knopf mit welchem die Türe bedient werden kann. Ist die Türe geschlossen, wird sie durch einen Knopfdruck geöffnet, andernfalls schließt sie sich wieder. Der Roboter kann nach links oder rechts fahren, wobei die Bewegung im selben Raum endet, wenn er dabei gegen eine Wand oder eine verschlossene Türe fährt. Die Sensoren des Roboters sind ausgefallen. Trotzdem möchte der Roboter sicher in den rechten Raum gelangen.

Geben Sie eine Folge von Anweisungen an, welche den Roboter sicher in den rechten Raum bringt. Geben Sie an, wie sich Ihr *belief state* mit der Zeit entwickelt.

### Aufgabe 2.3 (Suchalgorithmen)

Beweisen Sie die folgenden Aussagen:

- Breitensuche ist ein Spezialfall der uniformen Kostensuche.
- Breitensuche, Tiefensuche und uniforme Kostensuche sind Spezialfälle der gierigen Bestensuche (greedy best-first search).
- Uniforme Kostensuche ist ein Spezialfall der A\*-Suche.

### Aufgabe 2.4 (A\*-Suche)

Das folgende Puzzle soll mit Hilfe des A\* Algorithmus gelöst werden. Gegenstand des Puzzles sind Zahlen zwischen 100 und 999. Anfangs sind zwei Zahlen  $S$  und  $G$  gegeben, sowie eine Menge  $Bad$  von Zahlen. Ein Spielzug besteht darin, eine Zahl in eine andere Zahl zu verwandeln, indem man 1 zu einer Ziffer der Zahl addiert, oder 1 von einer Ziffer subtrahiert. Ein gültiger Zug wäre also beispielsweise von 678 nach 679 oder von 234 nach 134. Jeder Zug hat Kosten 1. Zusätzlich unterliegen die Züge folgenden Einschränkungen:

- Es ist nicht erlaubt, zu der Ziffer 9 zu addieren oder von der Ziffer 0 zu subtrahieren.
- Es ist nicht erlaubt, einen Zug auszuführen, der die derzeitige Zahl in eine Zahl aus der Menge  $Bad$  überführt.
- Ein Spieler darf dieselbe Ziffer nicht in zwei aufeinanderfolgenden Zügen ändern.

Lösen Sie das Puzzle, indem Sie von  $S$  nach  $G$  mit der kleinstmöglichen Anzahl an Zügen gelangen.

- (a) Geben Sie eine Zustandsbeschreibung an, mit der der A\* Algorithmus angewendet werden kann.
- (b) Definieren sie eine *zulässige* Heuristik, die für dieses Problem einer A\* Suche verwendet werden kann. Erläutern sie, warum Ihre Heuristik zulässig ist.
- (c) Verwenden Sie die Heuristik aus (b), um die ersten drei *Knotenexpansionen* der A\* Suche für  $S = 567$ ,  $G = 777$  und  $Bad = \{666, 667\}$  durchzuführen. Kennzeichnen Sie in dem Baum auch alle legalen Nachfolger von jedem Knoten, den Sie expandieren.

Die Übungsblätter dürfen und sollten in Gruppen von drei (3) Studenten bearbeitet werden. Bitte schreiben Sie alle Ihre Namen sowie die Nummer Ihrer Übungsgruppe auf Ihre Lösung.