**Grundlagen der Künstlichen Intelligenz (CS 205)**

Prof. Dr. M. Helmert
G. Röger
Frühjahrssemester 2013

Universität Basel
Fachbereich Informatik

# Übungsblatt 10

**Abgabe: 24. Mai 2013**

**Aufgabe 10.1** (1+1+1 [+1.5+3.5] Punkte)

*Aufgabenteile (d) und (e) sind Bonusaufgaben, die nicht zur Gesamtpunktzahl aller Übungspunkte für die Prüfungszulassung beitragen. Sie können hier aber Punkte, die Ihnen anderweitig fehlen, erwerben. (Ausserdem helfen sie beim Verständnis der Merge-and-Shrink-Heuristik.)*

Betrachten Sie die folgende Planungsaufgabe. Ein Agent hat die Aufgabe, einen Schatz zu heben. Hierzu muss er zunächst einen Schlüssel holen und mit diesem die entsprechende Schatztruhe aufschliessen. Das Problem sei in $SAS^+$ formal folgendermassen durch $\langle V, \mathrm{dom}, I, G, A\rangle$ modelliert: Die Menge der Variablen sei $V = \{\mathit{location}, \mathit{key}, \mathit{treasure}\}$ mit $\mathrm{dom}(\mathit{location}) = \{A, B, C\}$, $\mathrm{dom}(\mathit{key}) = \{\top, \bot\}$, und $\mathrm{dom}(\mathit{treasure}) = \{\top, \bot\}$. Der Anfangszustand $I$ sei gegeben durch den Zustand $I(\mathit{location}) = B$, $I(\mathit{key}) = \bot$, und $I(\mathit{treasure}) = \bot$. Die Zielzustände $G$ seien beschrieben durch den partiellen Zustand $G(\mathit{key}) = \top$ und $G(\mathit{treasure}) = \top$. Die Menge der Aktionen sei $A = \{\mathit{move}_{A,B}, \mathit{move}_{B,A}, \mathit{move}_{B,C}, \mathit{move}_{C,B}, \mathit{take}, \mathit{open}\}$. Hierbei sei $\mathit{pre}(\mathit{move}_{A,B})$ definiert durch den partiellen Zustand $\mathit{location} \mapsto A$, und $\mathit{eff}(\mathit{move}_{A,B})$ durch den partiellen Zustand $\mathit{location} \mapsto B$ (analog für $\mathit{move}_{B,A}$, $\mathit{move}_{B,C}$ und $\mathit{move}_{C,B}$). Weiterhin sei $\mathit{pre}(\mathit{take})$ durch $\mathit{key} \mapsto \bot$ und $\mathit{location} \mapsto A$, und $\mathit{eff}(\mathit{take})$ durch $\mathit{key} \mapsto \top$ definiert. Die Aktion $\mathit{pre}(\mathit{open})$ sei definiert durch $\mathit{key} \mapsto \top$, $\mathit{treasure} \mapsto \bot$ und $\mathit{location} \mapsto C$, und $\mathit{eff}(\mathit{open})$ sei definiert durch $\mathit{treasure} \mapsto \top$. Alle Aktionen haben Kosten von 1.

(a) Geben Sie den Zustandsraum in Form eines Graphen an. Der Zustandsraum besteht aus 12 Zuständen, von denen nicht alle vom Anfangszustand erreichbar sind. Geben Sie für jeden Zustand den Wert aller Variablen an. Markieren Sie weiterhin den Anfangszustand und die Zielzustände.

(b) Projezieren Sie die gegebene Planungsaufgabe auf die Abstraktion, bei der die Variable *key* nicht betrachtet wird. Geben Sie hierzu die entsprechende Projektion des Zustandsraums auf die gleiche Weise wie in Aufgabenteil (a) an.

(c) Verwenden Sie den abstrahierten Zustandsraum aus Teil (b) als Grundlage für eine Musterdatenbank-Heuristik. Geben Sie hierzu die abstrakten Distanzwerte für alle Zustände im abstrahierten Zustandsraum an. Geben Sie weiterhin basierend auf dieser Musterdatenbank die resultierenden Heuristikwerte für alle Zustände aus Aufgabenteil (a) an.

(d) Geben Sie für die Variablen *location*, *key* und *treasure* die entsprechenden atomaren Projektionen in Form eines Graphen an.

(e) Berechnen Sie die Merge-and-Shrink-Heuristik. Nehmen Sie an, dass Sie nur Abstraktionen mit einer Grösse bis zu $K = 8$ Zuständen im Speicher halten können und verwenden Sie die folgenden Strategien:

- Merge-Strategie: Zunächst *location* und *key*, danach *treasure*.
- Shrink-Strategie: Verschmelzen Sie Knoten mit gleicher Zieldistanz, wobei Sie Knoten mit kleinerer Zieldistanz bevorzugen.

Welcher Heuristikwert ergibt sich für den Anfangszustand? Vergleichen Sie mit dem entsprechenden Heuristikwert der Musterdatenbank aus Aufgabenteil (c)

**Aufgabe 10.2** (7 Punkte)

Betrachten Sie die delete-freie STRIPS-Planungsaufgabe $\Pi^+ = \langle V, I, G, A\rangle$ mit $V = \{a, b, c, d, e, f, g\}$, $I = \{a\}$, $G = \{g\}$ und $A = \{a_1, a_2, a_3, a_4, a_5, a_6\}$, wobei

$$\begin{aligned} a_1 &= \langle a \to b, d\rangle_1 \\ a_2 &= \langle b \to d, e, f\rangle_6 \\ a_3 &= \langle a \to c, d\rangle_2 \\ a_4 &= \langle c, d \to e\rangle_1 \\ a_5 &= \langle e \to f\rangle_2 \\ a_6 &= \langle d, e, f \to g\rangle_0. \end{aligned}$$

Berechnen Sie $h^{\text{LM-cut}}(I)$. Notieren Sie dabei die Zwischenschritte analog zu den Vorlesungsfolien (inklusive Rechtfertigungsgraph mit $h^{max}$-Annotation).

*Die Übungsblätter dürfen in Gruppen von zwei Studierenden bearbeitet werden. Bitte schreiben Sie beide Namen auf Ihre Lösung.*