

# Grundlagen der Künstlichen Intelligenz

Prof. Dr. M. Helmert  
Dr. M. Wehrle, S. Sievers  
Frühjahrssemester 2015

Universität Basel  
Fachbereich Informatik

## Übungsblatt 8

**Abgabe: 1. Mai 2015**

### Aufgabe 8.1 (1+4 Punkte)

Betrachten Sie das Constraint-Netz, das durch die Variablenmenge  $V = \{A, B, C, D, E, F, G\}$  mit Wertebereichen  $\text{dom}(v) = \{1, \dots, 10\}$  für alle  $v \in V$  und den folgenden Constraints gegeben ist:  $A \leq C$ ,  $E > 2C$ ,  $|C - G| > 3$ ,  $B < G$ ,  $|G - F| \leq 2$  und  $|F - D^2| \leq 1$ .

- Bestimmen Sie den Constraint-Graphen für dieses Constraint-Netz.
- Verwenden Sie den Algorithmus für baumartige Constraint-Netze (Foliensatz 27, Folie 12 in der Druckversion der Folien), um das Constraint-Netz zu lösen. Geben Sie hierzu folgendes an:
  - den geordneten Baum, wobei  $A$  als Wurzelknoten verwendet werden soll,
  - die Variablenreihenfolge, die durch den geordneten Baum entsteht,
  - die Folge der Revise-Aufrufe und die resultierenden Wertebereiche, sowie
  - das Ergebnis der Backtracking-Suche, wobei als Wertearrangement die Zahlen  $1, \dots, 10$  in aufsteigender Reihenfolge verwendet werden soll. Geben Sie nur die resultierende Variablenbelegung an (und nicht etwa den gesamten Suchbaum).

### Aufgabe 8.2 (4 Punkte)

Beweisen Sie: Für lösbare Constraint-Netze mit zyklenfreien Constraint-Graphen findet der Algorithmus für baumartige Constraint-Netze (Foliensatz 27, Folie 12 in der Druckversion der Folien) eine Lösung, ohne die Werte von bereits belegten Variablen während der Ausführung des Algorithmus jemals wieder ändern zu müssen (d.h., der Wertebereich der Variablen ist stets nicht-leer, und die gefundenen Teilbelegungen sind stets konsistent).

### Aufgabe 8.3 (2+1 Punkte)

Betrachten Sie das Constraint-Netz, das durch das Färbungsproblem des Graphen  $G$  gegeben ist, der durch die Kantone der Schweiz definiert ist. Die Knoten von  $G$  sind die Kantone, eine Kante zwischen  $v$  und  $v'$  existiert genau dann, wenn  $v$  und  $v'$  benachbart sind. Eine Beschreibung von  $G$  finden Sie auf der Vorlesungsseite.

- Geben Sie ein möglichst kleines Cutset für  $G$  an (ohne Erklärung, wie Sie es gefunden haben). Zur Erinnerung: Ein Cutset für einen Graphen ist definiert als eine Menge von Knoten, so dass nach Entfernen der entsprechenden Knoten und Kanten in der verbleibende Graph zyklenfrei ist.

*Hinweis: Die Bewertung der Aufgabe richtet sich nach der Grösse des gefundenen Cutsets: Ein Cutset optimaler Grösse  $x$  ergibt 2 Punkte; ein Cutset der Grösse  $x + 1$  ergibt 1 Punkt; alle grösseren Cutsets ergeben keine Punkte.*

- Zur Färbung von  $G$  sollen 4 Farben verwendet werden. Geben Sie für diesen Fall eine Worst-Case-Abschätzung der Laufzeit (obere Schranke für die Anzahl der betrachteten Belegungen) des Algorithmus basierend auf Cutset-Konditionierung für Ihr gefundenes Cutset an. Vergleichen Sie das Ergebnis mit der geschätzten Laufzeit ohne Cutsets.

*Hinweis:* Ein Visualisierungstool für Graphen wie z.B. *Graphviz* hilft beim Experimentieren. Die Beschreibung von  $G$  auf der Vorlesungsseite ist im Graphviz-Format. Beispielauftruf unter Linux, um eine pdf-Datei mit dem Graphen zu erzeugen: `dot -T pdf -o output.pdf kantone.dot`.

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