Technische Universität Berlin
Fakultät IV - Elektrotechnik und Informatik

Künstliche Intelligenz: Grundlagen und Anwendungen

WS 2013/2014

Albayrak, Fricke (AOT) – Opper, Ruttor (KI)

Schriftlicher Test - Teilklausur 1

14.12.2013

Name, Vorname:____

Matrikelnummer:____

Studiengang:____

Hinweise:

- Überprüfen Sie bitte, ob Sie alle **11** Seiten der Klausur erhalten haben.
- Den Anhang (Seite 11) trennen Sie bitte ab. Diese Seite bitte nicht abgeben.
- Bitte versehen Sie vor Bearbeitung der Klausur alle Seiten mit Ihrer Matrikelnummer.
- Bitte nicht mit einem roten oder grünen Stift schreiben.
- Bitte keinen Bleistift, Tintenkiller und auch kein Tipp-Ex benutzen.
- Vorder- und Rückseiten der Klausur dürfen verwendet werden.
- Bei Bedarf erhalten Sie weitere weiße Seiten von den Klausurbetreuern.

Dieser Teil ist zur Auswertung bestimmt und soll von den Teilnehmerinnen und Teilnehmern der Klausur nicht ausgefüllt werden.

Aufgabe 1 30 Punkte	**Aufgabe 2** 12 Punkte	**Aufgabe 3** 30 Punkte	**Aufgabe 4** 28 Punkte	**Summe** 100

Aufgabe 1 – Zuordnungsproblem als Suchproblem (30 Punkte)

Ein Unternehmen eröffnet 4 Baustellen, auf jede Baustelle muss ein Kran. Das Unternehmen besitzt 4 Kräne an unterschiedlichen Standorten. Die folgende Entfernungstabelle zeigt die Entfernungen der Kräne {1,2,3,4} zu den Baustellen {A,B,C,D}.

Baustelle Kran	A	B	C	D
1	60	45	45	50
2	5	55	25	35
3	95	65	60	75
4	15	80	65	85

Gesucht ist eine Zuordnung der 4 Kräne auf die 4 Baustellen, sodass die zu fahrende Gesamtdistanz minimiert wird.

a) (15 Punkte)
Repräsentieren Sie dieses Problem als Suchproblem. Wählen Sie eine möglichst formale Notation.

(Fortsetzung Aufgabe 1 a)

b) (4 Punkte)

Charakterisieren Sie den (zyklenfreien) Suchbaum hinsichtlich Verzweigungsgrad und Tiefe. Geben Sie exakte Zahlen an oder – wenn dies nicht einfach möglich ist – einen begründeten Schätzwert.

c) (4 Punkte)

Welchen Suchbaumalgorithmus würden Sie einsetzen? Begründen Sie Ihre Entscheidung.

d) (7 Punkte)

Notieren Sie den ersten Pfad der Länge 2, den der in c) benannte Suchbaumalgorithmus expandiert.

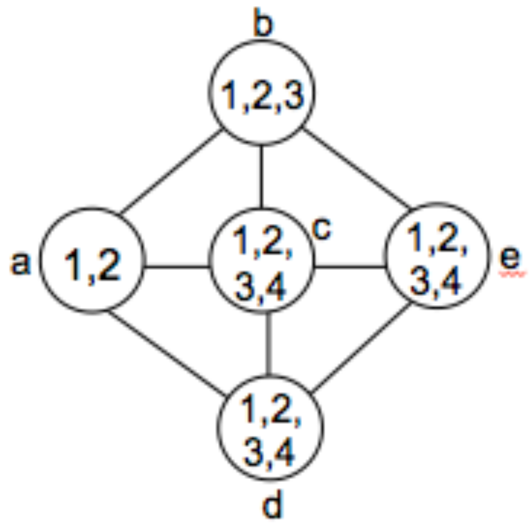
Aufgabe 2 – Constraints (12 Punkte)

Der unten stehende Constraintgraph repräsentiert ein Constraint Satisfaction Problem mit 5 Variablen { a, b, c, d, e }, die über 8 Ungleichheitsconstraints (≠) miteinander verbunden sind. Die Wertebereiche stehen in den Knoten.

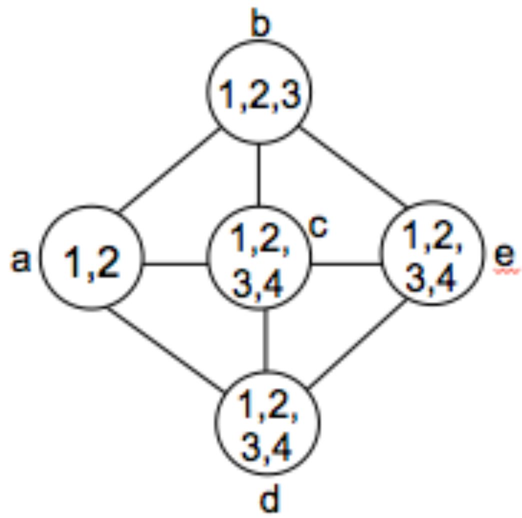
a) (5 Punkte)

Wenden Sie die Minimum Remaining Values-Heuristik (MRV) zur Bestimmung der ersten zu belegenden Variable an. Markieren Sie diese Variable. Belegen Sie die MRV-Variable mit dem ersten Wert ihres Wertebereichs und führen Sie danach Forward Checking durch, indem Sie inkonsistente Werte im linken Graphen durchstreichen.

Im Falle eines Fehlers streichen Sie den linken Graphen durch und tragen Ihre Lösung im Backup-Graphen rechts ein.



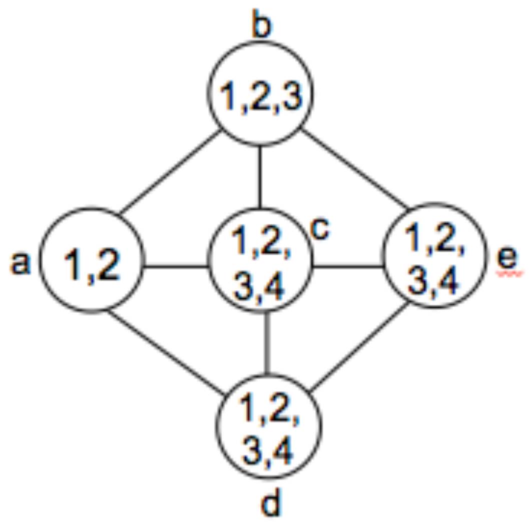
(Backup)



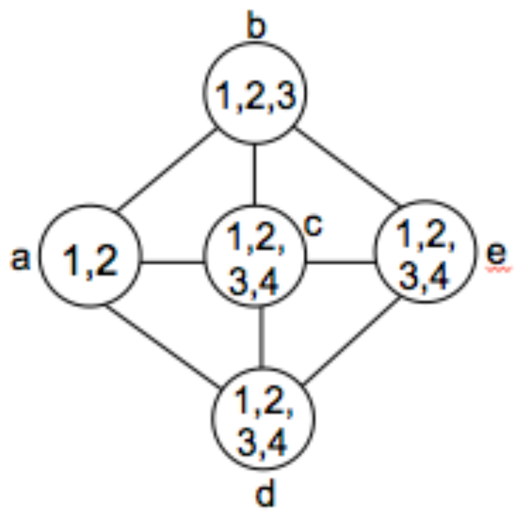
b) (7 Punkte)

Wenden Sie (erneut im Initialzustand) die Most Constrained Variable-Heuristik (MCV) zur Bestimmung der ersten zu belegenden Variable an. Markieren Sie diese Variable. Belegen Sie die MCV-Variable mit dem ersten Wert ihres Wertebereichs und stellen Sie 2-Konsistenz her, indem Sie inkonsistente Werte im Graphen durchstreichen.

Sie müssen nicht den AC-3-Algorithmus Schritt-für-Schritt simulieren. Im Falle eines Fehlers streichen Sie den linken Graphen durch und tragen Ihre Lösung im Backup-Graphen rechts ein.



(Backup)



Aufgabe 3 – Maschinelles Beweisen (30 Punkte)

Die folgende Wissensbasis beschreibt mit 4 Formeln eine einfache Blockswelt. O/2 und A/2 sind Prädikate (sie repräsentieren die on/2 bzw. above/2 Relation); { 1, 2, T } sind Konstanten (für zwei Blöcke bzw. den Tisch); { v, w, x, y, z } sind allquantifizierte Variablen. Sie sollen nun 3 Beweise für A(2, T) führen.

(1) $\neg O(v, w) \vee A(v, w)$

(2) $\neg A(x, y) \vee \neg A(y, z) \vee A(x, z)$

(3) $O(2, 1)$

(4) $O(1, T)$

a) Beweisen Sie A(2, T) mittels Vorwärtsverkettung. (6 Punkte)

b) Beweisen Sie A(2, T) mittels Rückwärtsverkettung. Wenden Sie die Formeln in der angegebenen Reihenfolge an. (12 Punkte)

c) Beweisen Sie A(2, T) mittels Resolution. (12 Punkte)

Für a) und b) benötigen Sie die Hornklauselrepräsentationen für (1) und (2):

(1) $O(v, w) \Rightarrow A(v, w)$

(2) $A(x, y) \wedge A(y, z) \Rightarrow A(x, z)$

(Platz für Aufgabe 3 - hier nochmals die Hornklauseln bzw. die KNF)

(1) $O(v, w) \Rightarrow A(v, w)$	(1) $\neg O(v, w) \vee A(v, w)$
(2) $A(x, y) \wedge A(y, z) \Rightarrow A(x, z)$	(2) $\neg A(x, y) \vee \neg A(y, z) \vee A(x, z)$
(3) $O(2, 1)$	(3) $O(2, 1)$
(4) $O(1, T)$	(4) $O(1, T)$

Aufgabe 4 – Planung: Türme von Hanoi (28 Punkte)

Drei gelochte Scheiben unterschiedlicher Größe liegen sortiert auf einem Stift. Ziel ist es, den Stapel von Stift 1 nach Stift 3 zu bewegen. Insgesamt stehen 3 Stifte zur Verfügung. Nur die jeweils oberste Scheibe eines Stiftes kann auf einen anderen Stift gelegt werden, vorausgesetzt sie wird auf einen leeren Stift oder eine größere Scheibe gelegt. Dieses als "Türme von Hanoi" bekannte Problem sollen Sie nun als Planungsproblem in STRIPS formulieren. Wählen Sie eine Repräsentation, die sich einfach auf Varianten mit mehr als 3 Scheiben und/oder 3 Stiften anpassen lässt.

a) Definieren Sie geeignete Konstanten und Prädikate. (5 Punkte)

b) Beschreiben Sie den Startzustand und den Zielzustand. (5 Punkte)

c) (11 Punkte)

Definieren Sie ein Aktionsschema move(s, x, y) für das Bewegen einer Scheibe s, die auf dem Stab x auf einer anderen Scheibe liegt, auf einen nicht leeren Stab y.

Das vollständige Planungsproblem benötigt noch weitere Aktionsschemata (z.B. zum Bewegen einer Scheibe auf einen leeren Stab). Diese müssen Sie nicht definieren.

d) Rückwärtsplanung (7 Punkte)

Ein Rückwärtsplaner kann "irreguläre" Zustände generieren und benötigt dann Backtracking, um einen ausführbaren Plan zu erstellen. Notieren Sie für Ihr Aktionsschema aus Aufgabe c) *eine* relevante und konsistente Aktion, die, angewendet im Zielzustand, einen "irregulären" Vorgängerzustand erzeugt. Geben Sie den Vorgängerzustand dieser Aktion an und begründen Sie kurz, warum ein Rückwärtsplaner früher oder später Backtracking auslösen muss.

(leere Seite für Ihre Bearbeitungen)

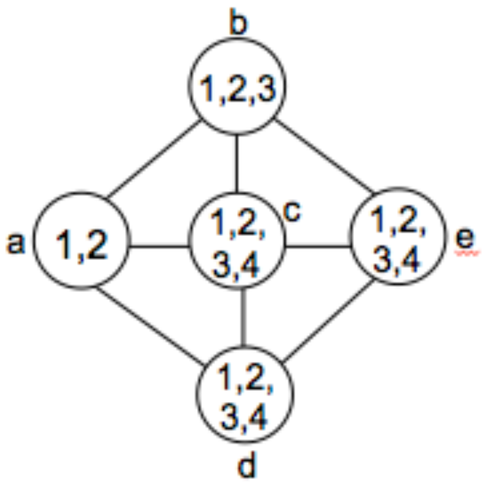
Anhang – bitte abtrennen (nicht abgeben)!

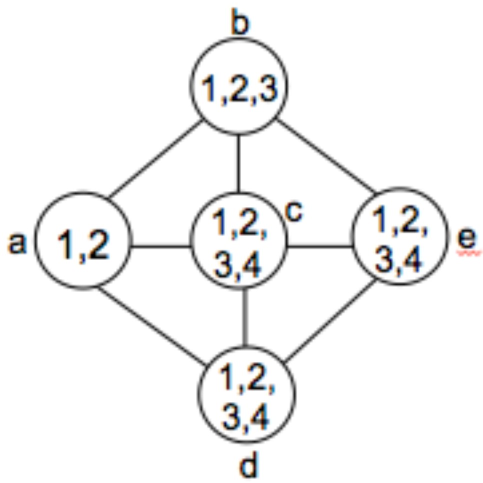
(Handout, damit Sie nicht ständig blättern müssen, und für Notizen)

Aufgabe 1 –Suchproblem

Baustelle Kran	A	B	C	D
1	60	45	45	50
2	5	55	25	35
3	95	65	60	75
4	15	80	65	85

Aufgabe 2 - Constraint Satisfaction Problems

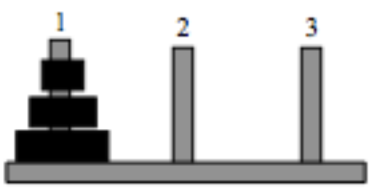




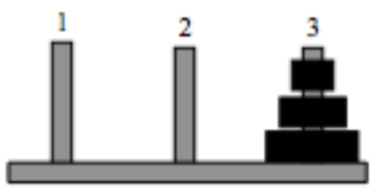
Aufgabe 3 – Maschinelles Beweisen

(1)	$\neg O(u, v) \vee A(u, v)$	$O(v, w) \Rightarrow A(v, w)$
(2)	$\neg A(x, y) \vee \neg A(y, z) \vee A(x, z)$	$A(x, y) \wedge A(y, z) \Rightarrow A(x, z)$
(3)	$O(2, 1)$	Prädikate: $\{ A/2, O/2 \}$
(4)	$O(1, T)$	Variablen: $\{ u,v,x,y,z \}$
Zu beweisen:	$A(2, T)$	Konstanten: $\{ 1, 2, T \}$

Aufgabe 4 – Planung: Türme von Hanoi



Startzustand



Zielzustand