



**Technische Universität Berlin
Fakultät IV - Elektrotechnik und Informatik**

Künstliche Intelligenz: Grundlagen und Anwendungen

WS 2009/2010

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

Schriftlicher Test - Teilklausur 1

05.12.2009

Name, Vorname: _____

Matrikelnummer: _____

Studiengang: _____

Hinweise:

- Überprüfen Sie bitte, ob Sie alle **15** Seiten der Klausur erhalten haben.
- Bitte versehen Sie vor Bearbeitung der Klausur alle **15** Seiten mit Ihrer Matrikelnummer.
- Bitte nicht mit einem roten oder grünen Stift schreiben.
- Bitte keinen Bleistift, keinen Tintenkiller und kein Tipp-Ex benutzen.
- Die Vorder- und Rückseiten der Klausur dürfen verwendet werden.
- Die letzte Seite (Seite 15) ist leer. Nutzen Sie sie bei Bedarf.

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

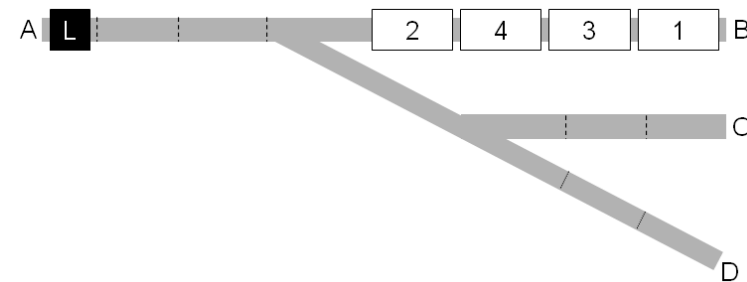
Aufgabe 1	Aufgabe 2	Aufgabe 3	Aufgabe 4	Aufgabe 5	Aufgabe 6	Aufgabe 7	Summe
18 Punkte	12 Punkte	18 Punkte	6 Punkte	6 Punkte	15 Punkte	25 Punkte	100

Matrikelnummer:

Aufgabe 1 – Problemrepräsentation

(18 Punkte)

Betrachten Sie das unten abgebildete Rangierproblem. Es gibt 4 Gleisabschnitte A, B, C und D, die mit 2 Weichen miteinander verbunden sind. Auf dem Abschnitt A (links von der oberen Weiche) steht eine Lok L, auf dem Gleisabschnitt B (rechts oben) stehen 4 Waggons, in der Reihenfolge 2-4-3-1. Der Abschnitt B hat Platz für maximal 4 Waggons plus Lok; die anderen Gleisabschnitte A, C und D fassen jeweils maximal 2 Waggons plus Lok. Selbstverständlich kann ein Zug keine spitzen Winkel fahren, sodass ein Wechsel zwischen den Gleisabschnitten B, C, und D in jedem Fall über A erfolgen muss: Von B, C und D kann nur A (mit maximal 2 Waggons) erreicht werden; von A aus können die Abschnitte B, C und D (ebenfalls mit maximal 2 Waggons) angefahren werden. Es ist ein Zug mit 4 Waggons zu bilden, die in folgender Reihenfolge stehen sollen: 1-2-3-4.



a) Formulieren Sie die Aufgabe als Suchproblem.

(12 Punkte)

Wählen Sie eine Problemformulierung, die hinreichend präzise für eine Implementierung ist und die von unwichtigen Details abstrahiert. Begründen Sie Ihre Entscheidungen.

Matrikelnummer:

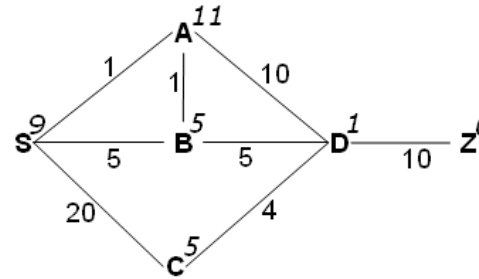
b) Welchen Verzweigungsgrad hat der Suchbaum? Begründen Sie kurz. (3 Punkte)

c) Welches Suchverfahren ist besser zur Lösung des Problems geeignet: Breitensuche oder Tiefensuche? Begründen Sie Ihre Antwort. (3 Punkte)

Matrikelnummer:

Aufgabe 2 – Suche mit A* (12 Punkte)

Betrachten Sie folgenden ungerichteten Problemgraphen. Gesucht ist der kürzeste Weg von S nach Z. Die Aktionskosten sind an den Kanten, die Restwegkostenschätzung (in kursiver Schrift) an den Knoten notiert. Diese Informationen stehen auch noch einmal rechts neben dem Graphen.



Heuristik für die einzelnen Knoten:
A-11, B-5, C-5, D-1, S-9, Z-0.

Entfernungstabelle:

A-B	1
A-D	10
A-S	1
B-D	5
B-S	5
C-D	4
C-S	20
D-Z	10

Simulieren Sie eine A*-Suche. Tragen Sie keine Zyklen in die Nachfolger-Spalte ein. Pfade, die mittels Dynamischer Programmierung (DP) entfernt werden, streichen Sie bitte durch. Beachten Sie, dass DP auch Pfade in der sortierten Liste betreffen kann! Sollte der Platz nicht ausreichen, verwenden Sie bitte auch die Rückseite.

It.	sortierte Liste	Nachfolger
0		
1		
2		
3		
4		
5		
6		
7		
8		

Matrikelnummer:

Aufgabe 3 – Constraints (18 Punkte)

a) Backtracking & Forward Checking & MRV & MCV (10 Punkte)

Betrachten Sie folgendes CSP mit 4 ganzzahligen Variablen und 4 Constraints:

Variablen: $a, b, c, d \in \{0, 1, 2, 3, 4\}$

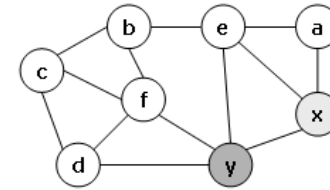
- Constraints:
- (1) $a = d$
 - (2) $b = 2 \cdot d$
 - (3) $b > c$
 - (4) $c > d$

Simulieren Sie eine Backtrackingsuche mit Forward Checking (kein aggressives Forward Checking). Stoppen Sie bei der ersten gefundenen Lösung, sofern eine existiert. Zur Bestimmung der nächsten zu belegenden Variable verwenden Sie jeweils die Minimum Remaining Values (MRV) Heuristik. Im Falle einer uneindeutigen Wahl ziehen Sie zusätzlich noch die Most Constrained Variable (MCV) Heuristik heran. Liefert auch MCV keine eindeutige Reihenfolge, dann wählen sie die MCV-Variable mit dem kleinsten alphabetischen Namen ($a < b < c < d$).

Bei jeder Belegung sollen die Werte aufsteigend, beginnend mit dem kleinst möglichen (konsistenten) Wert, verwendet werden. Dokumentieren Sie die Belegungen und die Effekte der Propagierung!

Matrikelnummer:

Betrachten Sie nun folgendes Graphenfärbeproblem:



Variablen: $a, b, c, d, e, f \in \{r, g, b\}$,
 $x \in \{r\}$,
 $y \in \{g\}$.

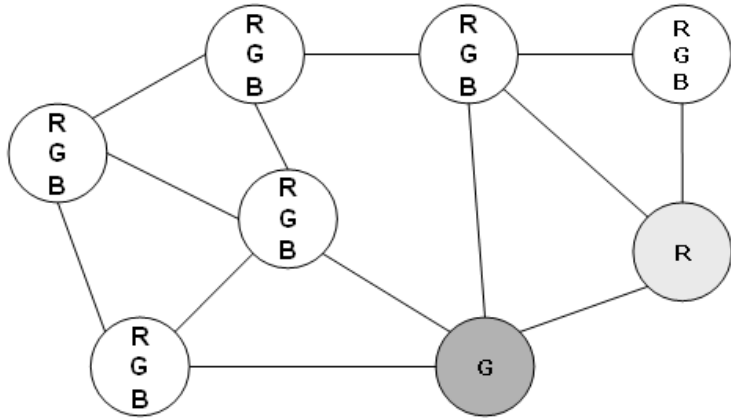
Constraints: $a \neq e, a \neq x, b \neq c, b \neq e, b \neq f, c \neq d, c \neq f$,
 $d \neq f, d \neq y, e \neq x, e \neq y, f \neq y, x \neq y$

b) 2-Konsistenz (4 Punkte)

Stellen Sie 2-Konsistenz her. Gehen Sie systematisch vor und erklären Sie Ihre Schritte.

Hier ist noch einmal das Constraintnetz mit den initialen Wertebereichen aufgezeichnet, Sie dürfen es für die Aufgabe verwenden:

Matrikelnummer:



Matrikelnummer:

- c) MCV & MRV (4 Punkte)
 Betrachten Sie nun den in b) berechneten 2-konsistenten Zustand. Alle Variablen mit einstelligem Wertebereich gelten noch als unbelegt (nicht instantiiert). Bestimmen Sie die nächste zu belegende Variable, indem Sie als Erstes die MCV-Heuristik anwenden. Sollte eine Tie-Break-Situation vorliegen, wählen Sie anschließend die MRV-Heuristik, um unter den MCV-Variablen die First-Fail-Variable(n) zu bestimmen.

Warum ist diese Heuristik für das vorliegende Problem keine gute Wahl? Begründen Sie kurz.

Formulieren Sie eine bessere Heuristik. Begründen Sie Ihre Entscheidung.

Matrikelnummer:

Aufgabe 4 – Prädikatenlogik

(6 Punkte)

Formulieren Sie folgende Sätze in Prädikatenlogik.

(je 1,5 Punkte)

a) Keine natürliche Zahl ist durch Null teilbar.

b) Jede natürliche Zahl ist durch mindestens zwei natürliche Zahlen teilbar.

c) Es gibt keine größte natürliche Zahl.

d) Es existieren natürliche Zahlen, die sowohl durch 2 als auch durch 3 teilbar sind.

Matrikelnummer:

Aufgabe 5 – Unifikation

(6 Punkte)

Sind die folgenden Terme s und t unifizierbar? Wenn ja, geben Sie die Substitutionen des Most General Unifiers an, wenn nein, dann geben Sie den Grund des Scheiterns an.

(je 2 Punkte)

a) $s = P(f(x), z, g(y))$ $t = P(y, w, g(f(1)))$

b) $s = P(f(x,y), f(y,x))$ $t = P(z,x)$

c) $s = F(x, g(y), g(g(z)))$ $t = F(u, u, u)$

Matrikelnummer:

Aufgabe 6 – Maschinelles Beweisen (15 Punkte)

Gegeben sind 2 Aussagen in natürlicher Sprache:

1. Jeder Student ist ein Lerner.
2. Peter ist Friseur und kein Lerner.

Führen Sie einen Resolutionsbeweis und beweisen Sie die folgende 3. Aussage:

3. Es existiert mindestens ein Friseur, der kein Lerner ist.

Verwenden Sie dazu die Konstante „Peter“ und die drei Prädikate

- $S(x)$: x ist Student
 $L(x)$: x ist Lerner
 $F(x)$: x ist Friseur.

a) (9 Punkte)

Repräsentieren Sie die Aussagen in Prädikatenlogik und bilden Sie die Wissensbasis in konjunktiver Normalform. Beachten Sie dabei, dass Sie einen Widerspruchsbeweis führen sollen!

Matrikelnummer:

b) (6 Punkte)

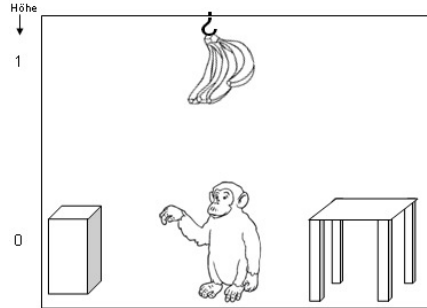
Führen Sie nun den Resolutionsbeweis. Geben Sie dabei die Substitutionen mit an.

Matrikelnummer:

Aufgabe 7 – STRIPS-Planung (25 Punkte)

In einem Raum befinden sich ein Affe, eine Kiste, ein Tisch und Bananen. Affe, Tisch und Kiste befinden sich auf dem Boden (in Höhe 0), die Bananen hängen an der Decke (in Höhe 1). Der Affe kann auf die Kiste oder den Tisch steigen, um die Höhe 1 zu erreichen.

Die möglichen Aktionen des Affen sind Gehen (*Go*) von einem Ort zu einem anderen, Schieben (*Push*) eines Objektes von einem Ort zu einem anderen, Hochklettern (*Up*) auf oder Runterklettern (*Down*) von einem „begehbaren“ Objekt, sowie Greifen (*Pick*) oder Ablegen (*Drop*) eines Objektes. Jedes Objekt, das sich am Ort des Affen in seiner Höhe befindet, kann gegriffen werden. Der Affe kann maximal ein Objekt tragen.



Aufgabe des Affen ist es, die Bananen in der Hand zu halten.

a) (7 Punkte)

Beschreiben Sie den Start- und Ziel-Zustand des Affe-Banane-Problems in STRIPS-Notation. Definieren Sie dazu geeignete Prädikate und Konstanten. Ihre Repräsentation sollte „offen“ sein, sodass der Raum gegebenenfalls auch weitere Objekte enthalten könnte.

Matrikelnummer:

b) (12 Punkte)

Definieren Sie STRIPS-Operatoren (Aktionsschemata) **Go**, **Push**, **Up** und **Pick**. (Die Operatoren Down und Drop brauchen Sie hier nicht zu betrachten). Beachten Sie, dass in STRIPS die logischen Konnektoren \cdot und \neg nicht erlaubt sind. Nutzen Sie auch die Rückseite dieses Blattes für die Operatoren.

Matrikelnummer:

- c) Rückwärtsplanung (3 Punkte)
Dem Affen stehen die Operatoren *Go*, *Push*, *Up*, *Pick* gemäß Ihrer STRIPS-Repräsentation aus a) sowie *Down* und *Drop* zur Verfügung. Geben Sie alle relevanten und konsistenten Aktionen an, die in den Zielzustand führen. Notieren Sie den Vorgängerzustand einer dieser zielführenden Aktionen.

Matrikelnummer:

- d) Vorwärtsplanung (3 Punkte)
Dem Affen stehen die Operatoren *Go*, *Push*, *Up*, *Pick* gemäß Ihrer STRIPS-Repräsentation aus a) sowie *Down* und *Drop* zur Verfügung. Wie viele Aktionen sind im Anfangszustand ausführbar? Begründen Sie kurz. Führen Sie dann eine Aktion aus und notieren Sie den resultierenden Zustand. Um Schreibarbeit zu sparen, können Sie Mengennotation verwenden. .