Technische Universität Berlin
Fakultät IV - Elektrotechnik und Informatik

Künstliche Intelligenz: Grundlagen und Anwendungen

WS 2011/2012

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

Schriftlicher Test - Teilklausur 1

17.12.2011

Name, Vorname:____

Matrikelnummer:____

Studiengang:____

Hinweise:

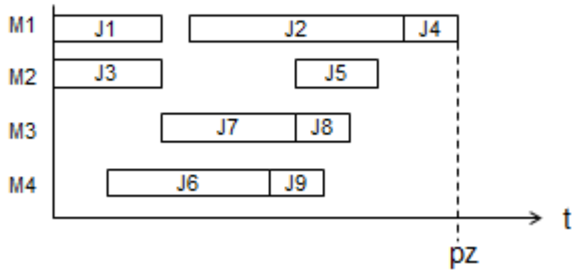
- Überprüfen Sie bitte, ob Sie alle **11** Seiten der Klausur erhalten haben.
- Bitte versehen Sie vor Bearbeitung der Klausur alle Seiten mit Ihrer Matrikelnummer.
- Bitte nicht mit einem roten oder grünen Stift schreiben.
- Bitte keinen Bleistift, Tintenkiller und auch kein Tipp-Ex benutzen.
- Vorder- und Rückseiten der Klausur und die leere Seite 10 dürfen verwendet werden.
- Den Anhang (Seite 11) trennen Sie bitte ab. Diese Seite bitte nicht abgeben.

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

Aufgabe 1 30 Punkte	**Aufgabe 2** 25 Punkte	**Aufgabe 3** 10 Punkte	**Aufgabe 4** 20 Punkte	**Aufgabe 5** 15 Punkte	**Summe** 100

Aufgabe 1 – Scheduling als Suchproblem (30 Punkte)

Auf m gleichartige Maschinen sind n Jobs unterschiedlicher Länge so zu verteilen, dass die Produktionszeit (time of completion) minimiert wird. Gesucht ist also eine möglichst gleichmäßige Auslastung der Maschinen. Die Abbildung zeigt eine nicht optimale Lösung für 4 Maschinen M1, …, M4 und 9 Jobs J1, …, J9 mit einer fiktiven Produktionszeit pz. Eine bessere Lösung wäre, J4 zum Zeitpunkt t=0 für M3 einzuplanen, denn M3 hat zwischen t=0 und dem Beginn von J7 noch ausreichend Kapazität.



Um dieses Optimierungsproblem als Suchproblem zu formulieren, benötigen Sie ein Konzept zur Bewertung der Qualität einer Lösung. Sie dürfen von allen unwichtigen Details abstrahieren, sofern sie die Optimalität nicht gefährden. Beispielsweise brauchen Sie offensichtlich unsinnige Aktionen nicht zu berücksichtigen.

a) (15 Punkte)

Formulieren die Aufgabe als Suchproblem. Wählen Sie eine möglichst formale Notation und begründen Sie Ihre Designentscheidungen.

b) (2 Punkte)

Welchen Verzweigungsgrad und welche Tiefe hat der zyklenfreie Suchbaum?

c) (3 Punkte)

Welches Suchverfahren würden Sie einsetzen? Begründen Sie Ihre Entscheidung.

d) (10 Punkte)

Simulieren Sie nun das in c) gewählte Suchverfahren an folgendem Problem:
2 Maschinen, 4 Jobs mit den Dauern 9, 8, 8, 2.
Zeichnen Sie den Suchbaum, und stoppen Sie, nachdem Sie den 4. Knoten gemäß der in c) verwendeten Suchstrategie expandiert haben.

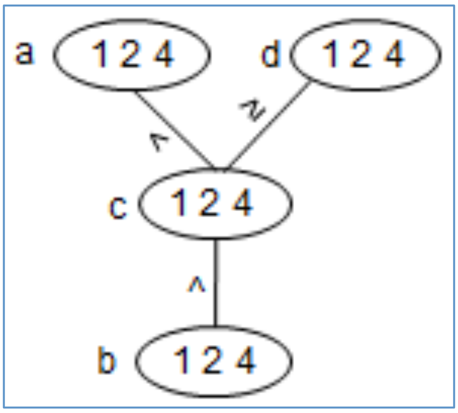
Aufgabe 2 – Constraints (25 Punkte)

Demonstrieren Sie an folgendem CSP verschiedene Konzepte aus dem Bereich Constraint Satisfaction Problems. Die Variablenbelegungsreihenfolge und Wertebelegung erfolgt jeweils lexikographisch aufsteigend: $a \rightarrow b \rightarrow c \rightarrow d$ bzw. $1 \rightarrow 2 \rightarrow 4$.

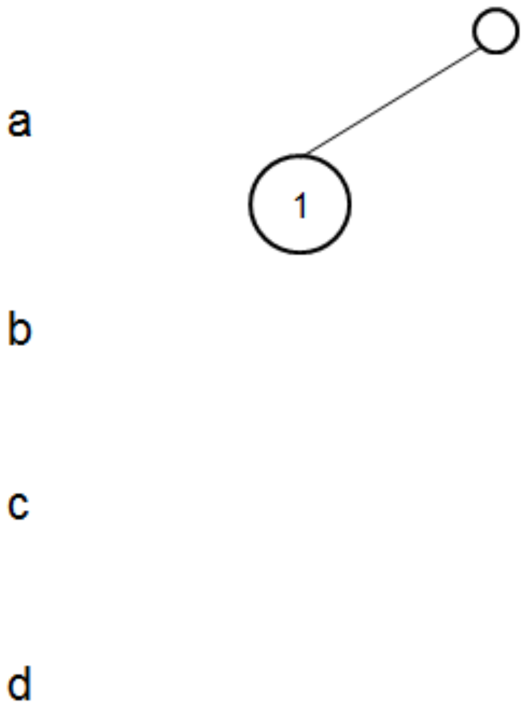
Tipp: Beginnen Sie mit e), um sich mit dem Lösungsraum für dieses CSP vertraut zu machen, und lösen Sie erst danach a) und b).

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

Constraints:
$a < c$
$b > c$
$c \geq d$

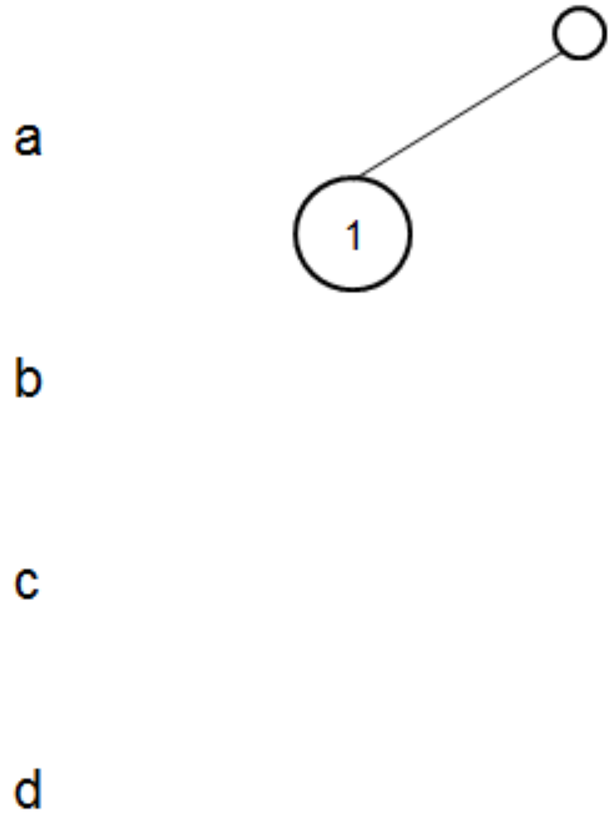


a) Chronologisches Backtracking (8 Punkte)
Wie viele Backtrackingschritte werden bis zur ersten gefundenen Lösung durchgeführt? Begründen Sie kurz (skizzieren Sie gegebenenfalls den Suchbaum).



Anzahl der Backtrackingschritte:

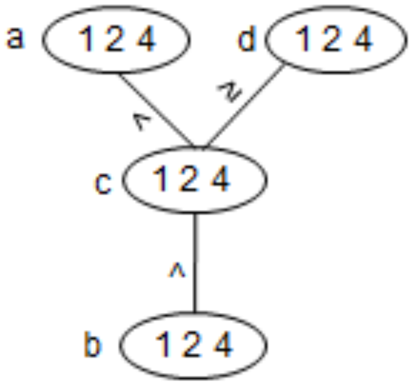
b) Backtracking mit Forward Checking (8 Punkte)
Zeichnen Sie den Suchbaum für eine Backtrackingsuche mit Forward Checking (kein aggressives Forward Checking). Notieren Sie die durch Forward Checking eingeschränkten Wertebereiche. Stoppen Sie bei der ersten gefundenen Lösung.



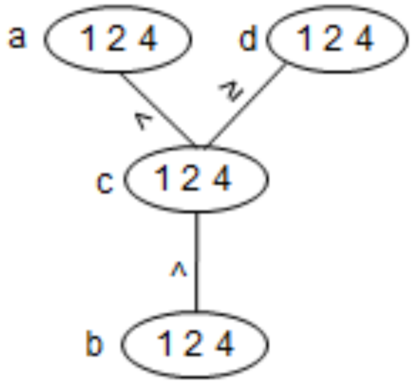
c) Minimum Remaining Values Heuristik (MRV) (2 Punkte)
Welches ist die MRV-Variable? Begründen Sie kurz.

d) Most Constrained Variable Heuristik (Grad-Heuristik, MCV) (2 Punkte)
Welches ist die MCV-Variable? Begründen Sie kurz.

e) 2-Konsistenz: (5 Punkte)
Überführen Sie das gegebene CSP in 2-Konsistenz. Streichen Sie dazu im Constraintgraph unten links alle inkonsistenten Werte durch. (Im Falle eines Fehlers streichen Sie den linken Graphen durch und beginnen erneut im Graphen rechts.)



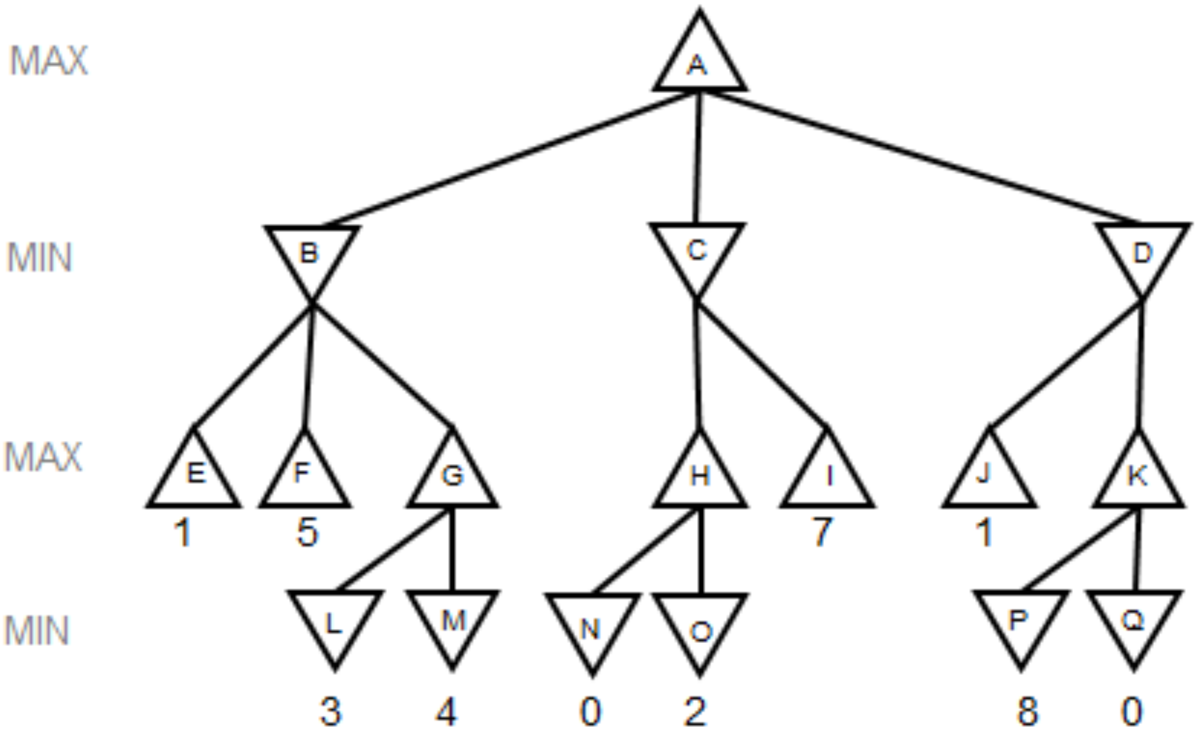
(1. Versuch)



(Backup)

Aufgabe 3 – Minimax mit α-β-Cutoff (10 Punkte)

Führen Sie in diesem Spielbaum eine Minimax-Suche mit α-β-Cutoff durch.
Streichen Sie die Kanten, in denen α- oder β-Cutoffs stattfinden und schreiben Sie an die übrigen Nichtblatt-Knoten deren Minimax-Werte.



Notieren Sie bitte hier noch einmal die Knoten, zwischen denen ein Cutoff stattfindet, z.B. A-C für einen Cutoff zwischen A und C:

Aufgabe 4 – Maschinelles Beweisen (20 Punkte)

Gegeben folgende Wissensbasis in konjunktiver Normalform (12 Klauseln mit Konstanten: {1, …, 4}, Variablen: {a, …, e, x, y, z} und Prädikatensymbolen {P, Q, R, S}):

(1) $\{ P(1) \}$
(2) $\{ P(2) \}$
(3) $\{ P(3) \}$
(4) $\{ P(4) \}$
(5) $\{ Q(1,2) \}$
(6) $\{ Q(2,3) \}$
(7) $\{ Q(3,4) \}$
(8) $\{ Q(4,3) \}$
(9) $\{ P(a),\ Q(a,b),\ \neg R(a,b) \}$
(10) $\{ \neg R(c,d),\ \neg S(d,c) \}$ ← beachten Sie die Reihenfolge der Argumente
(11) $\{ S(3,4) \}$
(12) $\{ S(e,e) \}$

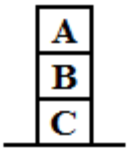
Führen Sie einen Resolutionsbeweis, um zu zeigen ob

$$\exists x, y\ P(x) \land Q(x,y) \land \neg R(x,y)$$

eine logische Folgerung der Wissensbasis ist.

Aufgabe 5 – Planung (15 Punkte)

Betrachten Sie folgende Variante der Blockswelt: 3 Blöcke A, B und C sind auf dem Tisch T gestapelt. Gesucht ist ein Plan, sodass B direkt auf dem Tisch liegt. Dieses Problem wird in STRIPS folgendermaßen mit Anfangszustand S_0 und Ziel S_Z beschrieben:



$$S_0 = \{on(A,B), on(B,C), on(C,T), clear(A), clear(T)\}$$
$$S_Z = \{on(B,T)\}$$

Als einziger Operator (Aktionsschema) steht move/3 zur Verfügung, mit dem ein Block x von y nach z bewegt werden soll. Bemerkung: Dieser Operator enthält einen Fehler.

ACT move(x, y, z)
PRE on(x,y), clear(x), clear(z), x≠y, x≠z, y≠z
ADD on(x,z), clear(y), clear(T)
DEL clear(z), on(x,y)

a) (6 Punkte)

Erklären Sie (gegebenenfalls an einem Beispiel), wo der Fehler im Operator move/3 liegt.

b) (9 Punkte)

Führen Sie (mit dem fehlerhaften move/3-Operator) eine Rückwärtsplanung durch. Simulieren Sie dazu einen „intelligenten" Planer, der jeweils die richtige Aktion wählt. Notieren Sie bei jedem Planungsschritt außerdem die Zahl der anwendbaren konsistenten und relevanten Aktionen.

Hier noch einmal die Wissensbasis für Ihren Resolutionsbeweis. (Es fehlt die zu beweisende Behauptung.) Aus Platzgründen stehen die P/1 und Q/2 Fakten links untereinander. Vergessen Sie nicht, die Substitutionen anzugeben!

Tipp: Überlegen Sie sich eine sinnvolle Reihenfolge der Resolutionsschritte, um einen möglichst kurzen Beweis zu führen.

$\boxed{\neg R(c,d), \neg S(d,c)}$ $\boxed{P(a), Q(a,b), \neg R(a,b)}$ $\boxed{S(3,4)}$ $\boxed{S(e,e)}$

$\boxed{P(1)}$

$\boxed{P(2)}$

$\boxed{P(3)}$

$\boxed{P(4)}$

$\boxed{Q(1,2)}$

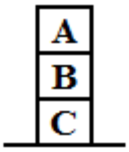
$\boxed{Q(2,3)}$

$\boxed{Q(3,4)}$

$\boxed{Q(4,3)}$

Aufgabe 5 – Planung (15 Punkte)

Betrachten Sie folgende Variante der Blockswelt: 3 Blöcke A, B und C sind auf dem Tisch T gestapelt. Gesucht ist ein Plan, sodass B direkt auf dem Tisch liegt. Dieses Problem wird in STRIPS folgendermaßen mit Anfangszustand S_0 und Ziel S_Z beschrieben:



$$S_0 = \{on(A,B), on(B,C), on(C,T), clear(A), clear(T)\}$$
$$S_Z = \{on(B,T)\}$$

Als einziger Operator (Aktionsschema) steht move/3 zur Verfügung, mit dem ein Block x von y nach z bewegt werden soll. Bemerkung: Dieser Operator enthält einen Fehler.

ACT	move(x, y, z)
PRE	on(x,y), clear(x), clear(z), x≠y, x≠z, y≠z
ADD	on(x,z), clear(y), clear(T)
DEL	clear(z), on(x,y)

c) (6 Punkte)

Erklären Sie (gegebenenfalls an einem Beispiel), wo der Fehler im Operator move/3 liegt.

d) (9 Punkte)

Führen Sie (mit dem fehlerhaften move/3-Operator) eine Rückwärtsplanung durch. Simulieren Sie dazu einen „intelligenten“ Planer, der jeweils die richtige Aktion wählt. Notieren Sie bei jedem Planungsschritt außerdem die Zahl der anwendbaren konsistenten und relevanten Aktionen.

(leere Seite für Ihre Bearbeitungen)

Anhang – bitte abtrennen!

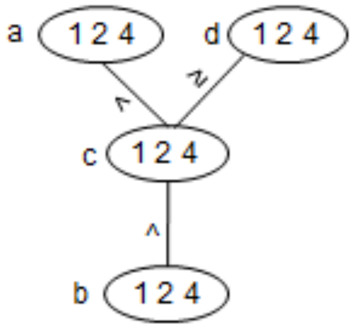
Aufgabe 2: CSP

Variablen:

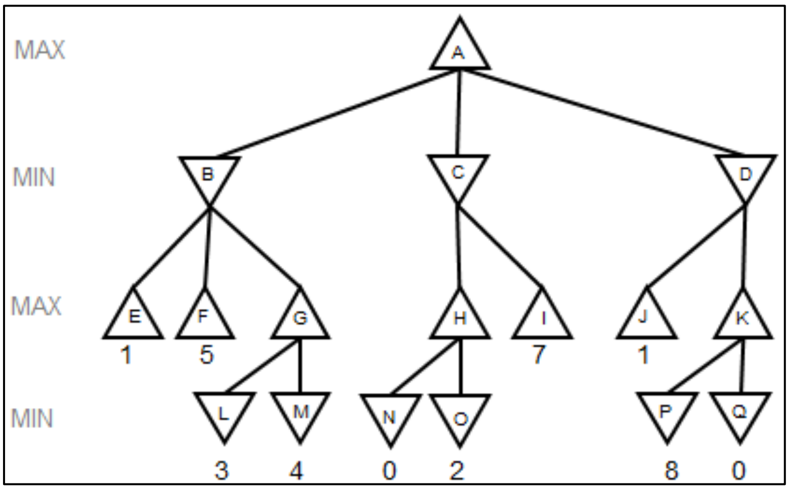
$a, b, c, d \in \{1,2,4\}$

Constraints:

a < c, b > c, c ≥ d



Aufgabe 3: Minimax mit α-β-Cutoff



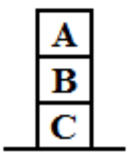
Aufgabe 4: Maschinelles Beweisen

Wissensbasis:

(1) { P(1) }
(2) { P(2) }
(3) { P(3) }
(4) { P(4) }
(5) { Q(1,2) }
(6) { Q(2,3) }
(7) { Q(3,4) }
(8) { Q(4,3) }
(9) { P(a), Q(a,b), ¬R(a,b) }
(10) { ¬R(c,d), ¬S(d,c) }
(11) { S(3,4) }
(12) { S(e,e) }

Zu beweisen:
$\exists x\, P(x) \wedge Q(x,y) \wedge \neg R(x,y)$

Aufgabe 5: Planung



$S_0 = \{on(A,B), on(B,C), on(C,F), clear(A), clear(T)\}$

$S_Z = \{on(B,T)\}$

ACT move(x, y, z)
PRE on(x,y), clear(x), clear(z), x≠y, x≠z, y≠z
ADD on(x,z), clear(y), clear(T)
DEL clear(z), on(x,y)