



Technische Universität Berlin
Fakultät IV - Elektrotechnik und Informatik

Künstliche Intelligenz: Grundlagen und Anwendungen

WS 2012/2013

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

Schriftlicher Test - Teilklausur 1

15.12.2012

Name, Vorname: _____

Matrikelnummer: _____

Studiengang: _____

Hinweise:

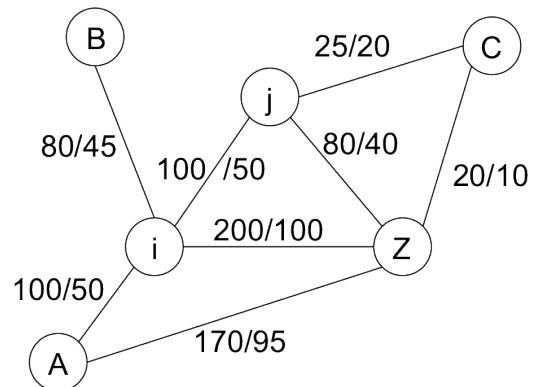
- Überprüfen Sie bitte, ob Sie alle **11** Seiten der Klausur erhalten haben.
- Den Anhang (Seite 11) trennen Sie bitte ab. Diese Seite bitte nicht abgeben.
- Bitte versehen Sie vor Bearbeitung der Klausur alle Seiten mit Ihrer Matrikelnummer.
- Bitte nicht mit einem roten oder grünen Stift schreiben.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

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	Summe
36 Punkte	12 Punkte	40 Punkte	12 Punkte	100

Aufgabe 1 – Elektromobilität als Suchproblem**(36 Punkte)**

Sie wollen mit einem batteriebetriebenen Auto (E-KFZ) in minimaler Zeit von A nach Z fahren. Betrachten Sie dazu den ungerichteten Graphen mit den Orten A, B, C, Z, i, j , wobei i und j Ladestationen (Tankstellen) sind. An den Kanten stehen jeweils 2 Werte: *Zeit/Energie*. Ein Ortswechsel von x nach y ist möglich, wenn eine Kante zwischen den Knoten x und y existiert und das E-KFZ mindestens die hinter dem „/“ angegebene Energieladung besitzt. Durch den Ortswechsel werden die angegebene *Zeit* und *Energie* verbraucht.



Ihr E-KFZ hat eine Batteriekapazität von 100 kWh und steht voll aufgeladen in A . In Z angekommen, muss das E-KFZ noch mindestens 50 kWh Ladung besitzen.

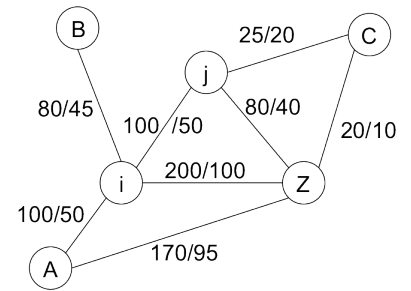
An den Tankstellen i und j kann das E-KFZ auf 100% aufladen (muss aber nicht). Der Ladevorgang verbraucht jeweils 200 Minuten Zeit (unabhängig vom Ladezustand).

Beispiele:

- Der direkte Weg von A nach Z dauert 170 Minuten und verbraucht 95 kWh Energie. Der Zielort wird zwar erreicht, aber der verbleibende Energievorrat ist mit 5 kWh zu niedrig, um eine Problemlösung darzustellen.
- Eine Option ist von A über i nach B zu fahren, was $50+45=95$ kWh Energie kostet. Mit dem verbleibenden Energievorrat von 5 kWh kommen Sie von B nicht mehr weg.
- Eine andere Option ist, von A nach i zu fahren und dort auf 100 kWh aufzuladen. Danach sind 300 Minuten verstrichen und die Fahrt kann mit voller Energieladung fortgesetzt werden.

- a) (18 Punkte)
Formulieren Sie die Aufgabe als Suchproblem. Wählen Sie eine möglichst formale Notation und begründen Sie Ihre Designentscheidungen.

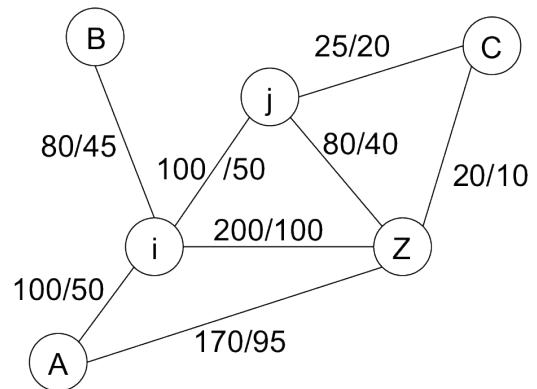
(Fortsetzung Aufgabe 1)



- b) (3 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) (3 Punkte)
Welches Suchverfahren würden Sie einsetzen? Begründen Sie Ihre Entscheidung.

- d) (9 Punkte)
Simulieren Sie nun das in c) gewählte Suchverfahren: Zeichnen Sie den Suchbaum, und stoppen Sie, nachdem Sie den 4. Knoten gemäß der in c) beschriebenen Suchstrategie expandiert haben.



- e) (3 Punkte)
Erklären Sie am Problem das Prinzip der dynamischen Programmierung (Optimalitätsprinzip von Bellman).

Aufgabe 2 – Constraints

(12 Punkte)

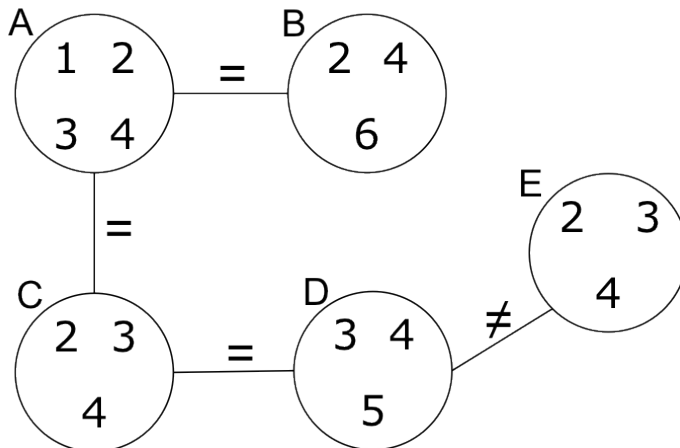
Betrachten Sie folgendes Constraint Satisfaction Problem (CSP) mit 5 Variablen:

$A \in \{1,2,3,4\}$; $B \in \{2,4,6\}$; $C \in \{2,3,4\}$; $D \in \{3,4,5\}$; $E \in \{2,3,4\}$

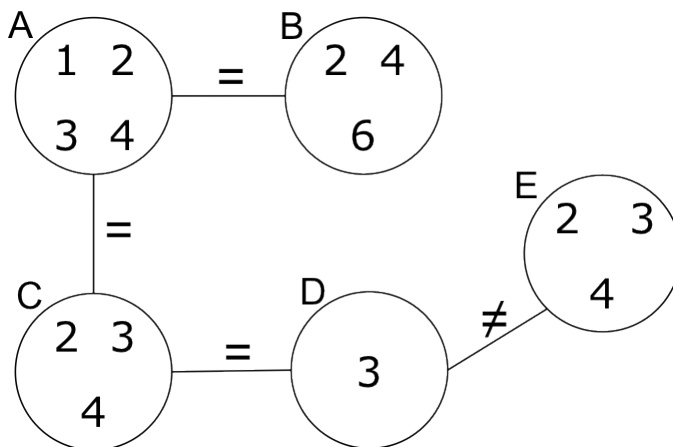
und 4 Constraints:

$A=B$; $A=C$; $C=D$; $D \neq E$.

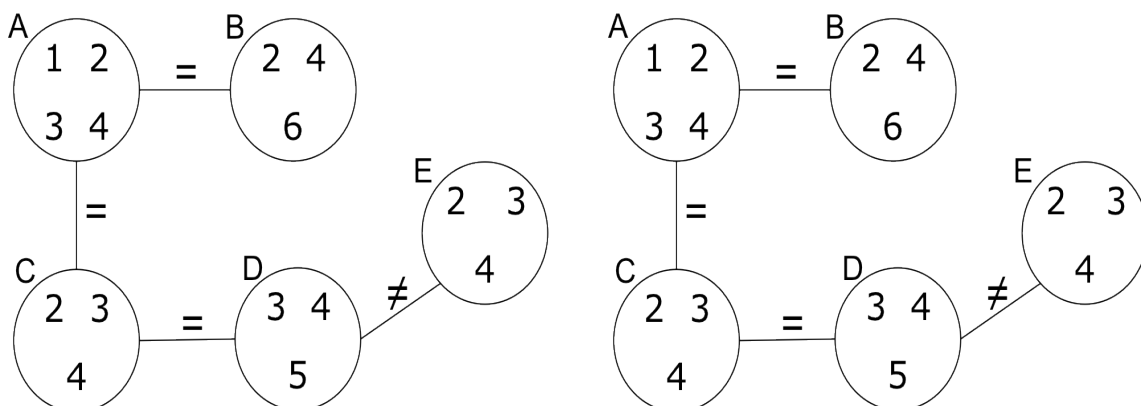
a) Stellen Sie 2-Konsistenz her, indem Sie die inkonsistenten Werte im Graphen streichen.



b) Der unten stehende Graph zeigt das CSP nach der Belegung $D=3$. Führen Sie Forward Checking durch und streichen Sie die als inkonsistent erkannten Werte.



(Backup, falls Sie in a) oder b) einen Fehler gemacht haben: durchstreichen und hier lösen)



Aufgabe 3 – Maschinelles Beweisen

(40 Punkte)

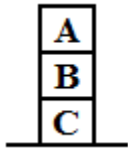
- a) Repräsentieren Sie die folgenden 8 Sätze in Prädikatenlogik¹. Wählen Sie sinnvolle Prädikate.
- (1) Jede Studentin ist eine Auszubildende.
 - (2) Jede Studentin besitzt mindestens ein Fahrrad.
 - (3) Wer ein Rennrad besitzt, ist wohlhabend.
 - (4) Antonia ist Studentin in Berlin.
 - (5) Antonia besitzt ein Rennrad.
 - (6) Petra besitzt ein Rad, das kein Rennrad ist.
 - (7) Mindestens 2 Studentinnen besitzen Rennräder.
 - (8) Keine Studentin in Berlin besitzt ein elektrisches Fahrrad.
- b) Überführen Sie nun die 8 Sätze in Klauselform. (Sie müssen die KNF-Transformationen nicht Schritt für Schritt angeben, schreiben Sie einfach die Lösung auf).
- c) Zeigen Sie mittels Widerspruchsbeweis, dass aus (1) bis (8) folgt:
„Einige auszubildende Berliner sind wohlhabend“.
Tipp: Nicht alle Klauseln sind für den Widerspruchsbeweis relevant. Verwenden Sie am besten nur die notwendigen Klauseln, um Schreibarbeit und Zeit zu sparen.

¹ Die Verwendung von XOR, \exists ist nicht erlaubt.

(Platz für Aufgabe 3)

Aufgabe 4 – Planung**(12 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 sei 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 einziges Aktionsschema steht Ihnen $move/3$ zur Verfügung, mit dem ein Block x von y nach z bewegt wird. Bemerkung: Dieser Operator enthält einen Fehler.

ACT $move(x, y, z)$

PRE $on(x, y), clear(x), clear(z), x \neq y, x \neq z, y \neq z$

ADD $on(x, z), clear(y), clear(T)$

DEL $clear(z), on(x, y)$

- a) (4 Punkte)
Erklären Sie (gegebenenfalls an einem Beispiel), wo der Fehler im Operator $move/3$ liegt.

b) (8 Punkte)

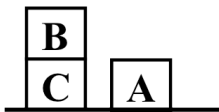
Betrachten Sie folgende Variante mit demselben Aktionsschema aber anderem Zustand und Ziel. Notieren Sie die in S_1 anwendbaren Aktionen und bestimmen Sie ihre Eigenschaften hinsichtlich Relevanz und Konsistenz.

ACT $\text{move}(x, y, z)$

PRE $\text{on}(x, y), \text{clear}(x), \text{clear}(z), x \neq y, x \neq z, y \neq z$

ADD $\text{on}(x, z), \text{clear}(y), \text{clear}(T)$

DEL $\text{clear}(z), \text{on}(x, y)$



$S_1 = \{\text{on}(A, T), \text{on}(B, C), \text{on}(C, T), \text{clear}(A), \text{clear}(B), \text{clear}(T)\}$

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

(leere Seite für Ihre Bearbeitungen)

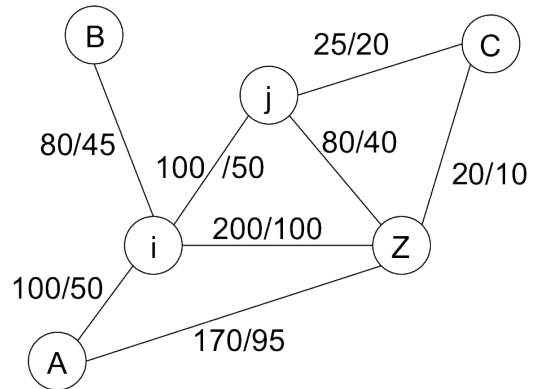
(leere zusätzliche Seite für Ihre Bearbeitungen)

Anhang – bitte abtrennen (nicht abgeben)!

(Handout, damit Sie nicht ständig blättern müssen)

Aufgabe 1 – Elektromobilität als Suchproblem

Sie wollen mit einem batteriebetriebenen Auto (E-KFZ) in minimaler Zeit von A nach Z fahren. Betrachten Sie dazu den ungerichteten Graphen mit den Orten A, B, C, Z, i, j , wobei i und j Ladestationen (Tankstellen) sind. An den Kanten stehen jeweils 2 Werte: *Zeit/Energie*. Ein Ortswechsel von x nach y ist möglich, wenn eine Kante zwischen den Knoten x und y existiert und das E-KFZ mindestens die hinter dem „/“ angegebene Energieladung besitzt. Durch den Ortswechsel werden die angegebene *Energie* und *Zeit* verbraucht.



Ihr E-KFZ hat eine Batteriekapazität von 100 kWh und steht voll aufgeladen in A . In Z angekommen, muss das E-KFZ noch mindestens 50 kWh Ladung besitzen.

An den Tankstellen i und j kann das E-KFZ auf 100% aufladen (muss aber nicht). Der Ladevorgang verbraucht jeweils 200 Minuten Zeit (unabhängig vom Ladezustand).

Aufgabe 3 – Maschinelles Beweisen

- a) Repräsentieren Sie die folgenden 8 Sätze in Prädikatenlogik². Wählen Sie sinnvolle Prädikate.
- (1) Jede Studentin ist eine Auszubildende.
 - (2) Jede Studentin besitzt mindestens ein Fahrrad.
 - (3) Wer ein Rennrad besitzt, ist wohlhabend.
 - (4) Antonia ist Studentin in Berlin.
 - (5) Antonia besitzt ein Rennrad.
 - (6) Petra besitzt ein Rad, das kein Rennrad ist.
 - (7) Mindestens 2 Studentinnen besitzen Rennräder.
 - (8) Keine Studentin in Berlin besitzt ein elektrisches Fahrrad.
- b) Überführen Sie nun die 8 Sätze in Klauselform. (Sie müssen die KNF-Transformationen nicht Schritt für Schritt angeben, schreiben Sie einfach die Lösung auf).
- c) Zeigen Sie mittels Widerspruchsbeweis, dass aus (1) bis (8) folgt:
 „Einige auszubildende Berliner sind wohlhabend“.
 Tipp: Nicht alle Klauseln sind für den Widerspruchsbeweis relevant. Verwenden Sie am besten nur die notwendigen Klauseln, um Schreibarbeit und Zeit zu sparen.

² Die Verwendung von XOR, $\exists!$ ist nicht erlaubt.