Künstliche Intelligenz I

Klausur HWS 2013

Prof. Dr. Heiner Stuckenschmidt

16. Dezember 2013

- Blättern Sie erst um, wenn Sie dazu aufgefordert werden!
- Jede der 9 durchnummerierten Aufgaben ist zu bearbeiten. Hierbei kann eine Maximalpunktzahl von 90 Punkten erreicht werden.
- Die aufgrund der Programmierprojekte erreichten Punkte stehen bereits fest, sie werden als Bonus entsprechend eingetragen (Maximalpunktzahl 10).
- Notieren Sie ihre Antworten bitte direkt in Ihrem Klausurexemplar! Reicht der Platz nicht aus, so finden Sie am Ende einige leere Seiten.
- Lösen Sie nicht die Heftklammer, welche die Klausur zusammenhält! Sollte sich die Heftklammer ohne eigenes Zutun lösen, so melden Sie dies!
- Die Klausur umfasst 27 Seiten. Prüfen Sie ihr Exemplar zu Beginn bitte auf Vollständigkeit.
- Vergessen Sie nicht die Klausur zu unterschreiben (hier auf dem Deckblatt)!

Aufgabe	Punkte
1 Uninformierte Suchverfahren	8
2 Informierte Suchverfahren	10
3 Spielbaumsuche	8
4 Lokale Suche	11
5 Constraint Satisfaction	10
6 Relationsalgebra	8
7 Logisches Schließen	11
8 Planen	14
9 Vermischte Fragen	10
Gesamtpunktzahl	**90**
Bonus Programmierprojekte	*bis zu 10*

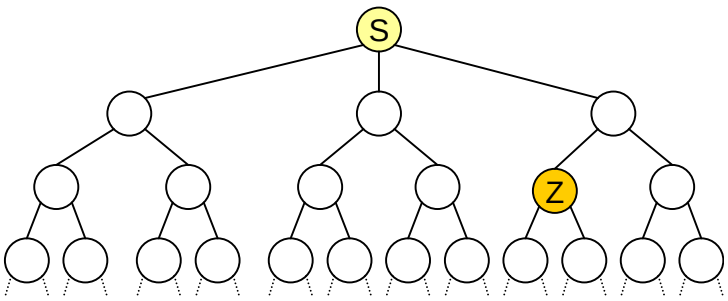
_____

Unterschrift

Viel Erfolg!

Aufgabe 1: Uninformierte Suchverfahren (8 Punkte)

Mit einem leistungstarken Rechner wurde ein vollständiger Suchbaum zu einem bestimmten Problem aufgebaut (siehe Abbildung). Hierdurch ist bekannt, dass die Tiefe des gleichmäßig balancierten Baums 6 ist. Weiterhin weiss man, dass jeder Knoten, der kein Blatt ist, zwischen zwei und fünf Kindern hat. Der Zielknoten Z, der auf dem kürzestem Weg zu finden ist, ist in der Abbildung dargestellt. Weitere Zielknoten befinden sich im nicht dargestellten Bereich des Suchbaums.



Gegeben sei ein sehr langsamer Rechner, der maximal 8 Knoten gleichzeitig speichern kann (alle anderen Speicherkosten sollen vernachlässigt werden). Nehmen Sie weiterhin an, dass der Suchbaum jeweils von links nach rechts aufgebaut wird. Was passiert bzw. welche Probleme tauchen auf (tauchen nicht auf), wenn die folgenden Suchverfahren angewendet werden (jeweils mit Begründung)? Welches Suchverfahren ist am besten geeignet und warum?

a) (2 Punkte) Tiefensuche implementiert mittels LIFO-Queue

b) (2 Punkte) Tiefensuche implementiert mittels Backtracking

c) (2 Punkte) Iterative Tiefensuche (zugrundeliegende Tiefensuche implementiert mittels Backtracking)

d) (2 Punkte) Breitensuche implementiert mittels FIFO-Queue

Aufgabe 2: Informierte Suchverfahren (10 Punkte)

Konstruieren Sie eine Straßenkarte mit beliebig vielen Städten A, B, C, ..., Z. Auf dieser Karte sollen die Städte als Knoten eingezeichnet werden, wobei die Kanten Straßen zwischen den Städten darstellen. Es geht im folgenden darum, den kürzesten Weg von A nach Z zu finden. Dabei soll als Heuristik die Luftliniendistanz verwendet werden. Entsprechend ist eine Tabelle zu erstellen, in welcher der Luftlinienabstand zwischen den Städten A, ... und der Stadt Z vermerkt ist. Im folgenden ein Beispiel für eine solche Karte und die zugehörige Tabelle.

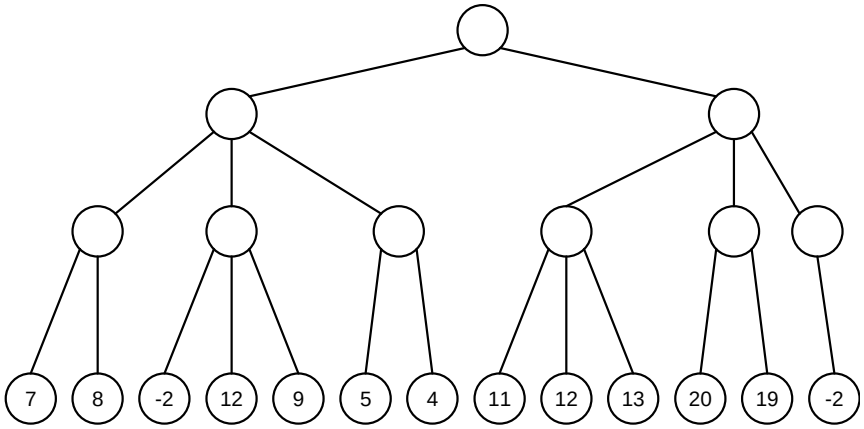
	Z
A	10
B	4
C	2

a) (5 Punkte) Konstruieren Sie eine Karte (inklusive Kantenkosten) mit Tabelle (Luftlinie Heuristik), so dass die Greedy-Suche eine suboptimale Lösung findet! Geben Sie den Lösungsweg an, der mittels der Greedy-Suche gefunden wird.

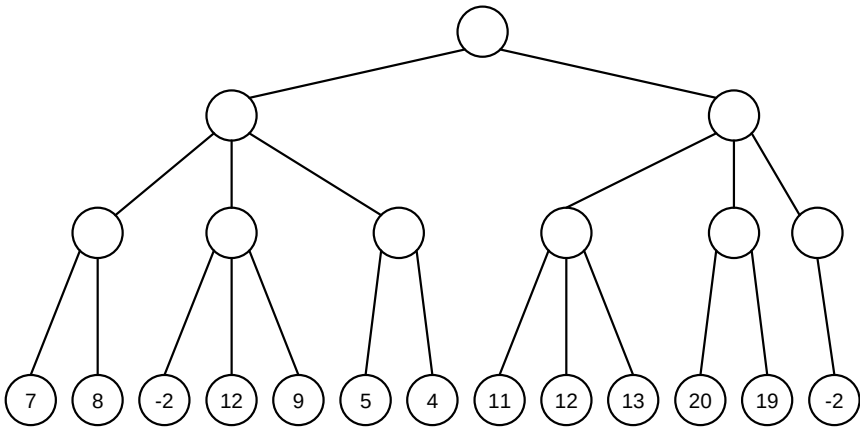
b) (5 Punkte) Konstruieren Sie eine Karte (inklusive Kantenkosten) mit Tabelle (Luftlinie Heuristik), so dass die A*-Suche weniger Knoten expandiert, um die Lösung zu finden, als die Uniforme Kostensuche! Bennen Sie den (bzw. einen der) Knoten, der von der Uniformen Kostensuche expandiert wird, von der A*-Suche jedoch nicht expandiert wird!

Aufgabe 3: Spielbaumsuche (8 Punkte)

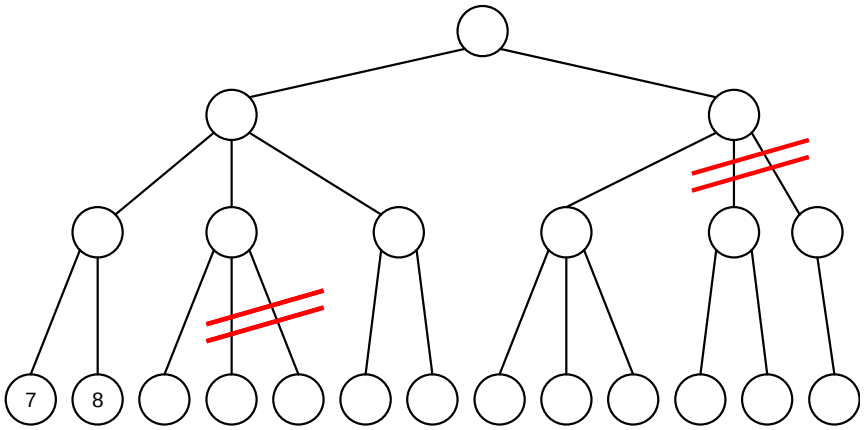
a) (4 Punkte) Gegeben sei der Spielbaum dargestellt in folgender Abbildung. Am Zug ist der Max-Spieler. Propagieren Sie die Heuristikwerte aus den Blättern in den Wurzelknoten des Spielbaums! Welcher Zug (rechts vs. links) ist aus Sicht des Max-Spielers unter den gegebenen Informationen am aussichtsreichsten?



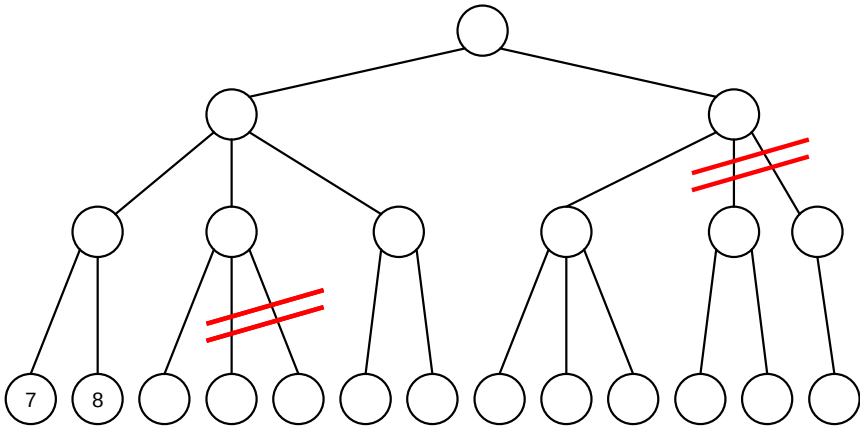
Zusätzliche Abbildung (für einen „zweiten Versuch“):



b) (4 Punkte) In der folgenden Abbilung sehen Sie einen geprunten Suchbaum, der durch die Anwendung von Alpha-Beta Pruning enstanden ist. Am Zug ist der Max-Spieler. In der Abbildung fehlen die Werte in den Blattknoten. Tragen Sie passende Werte in die Blattknoten ein, so dass es genau zu dem in der Abbildung dargestellten Pruning kommt!

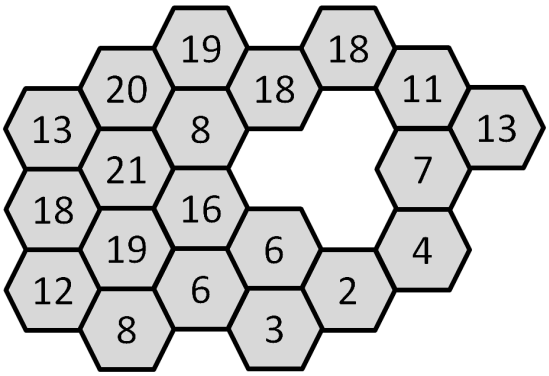


Zusätzliche Abbildung (für einen „zweiten Versuch“):

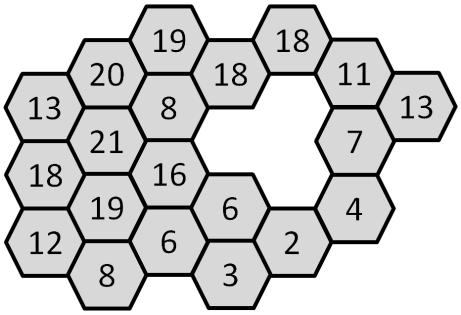


Aufgabe 4: Lokale Suche (11 Punkte)

Gegeben sei die in folgender Abbildung dargestellte Zustandslandschaft. Eine Wabe repräsentiert einen Zustand. Der Nutzwert des Zustands ist als Zahl in der jeweiligen Wabe dargestellt. Es soll der Zustand mit dem höchsten Nutzen mittels eines lokalen Suchverfahrens gefunden werden. Dabei sind die Nachbarn eines Zustandes durch die jeweils umliegenden Waben (dies sind 6 Nachbarn für ein Feld, das nicht am Rand liegt) repräsentiert. Die abgebildete Zustandslandschaft besteht aus 20 Waben.

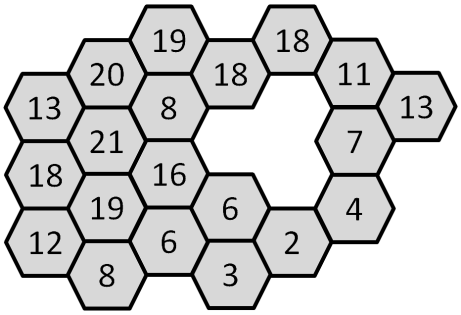


a) (4 Punkte) Wie groß ist die Wahrscheinlichkeit dass man mittels des Standard-Hillclimbing Verfahrens (keine Seitenschritte, keine Neustarts) das gesuchte Optimum findet? Zur vollständigen Lösung gehört auch die Angabe des Rechenweges bzw. eine Erklärung!



b) (2 Punkte) Wie groß ist die Wahrscheinlichkeit, wenn man zusätzlich Seitenschritte erlaubt! Zur vollständigen Lösung gehört auch die Angabe des Rechenweges bzw. eine Erklärung!

c) (3 Punkte) Wir wenden nun das Standard-Hillclimbing Verfahren (keine Seitenschritte) mit k-Neustarts an. Für welches k (Zählweise: 1 Start + k Neustarts) wird mit einer Wahrscheinlichkeit $> 99\%$ das Optimum gefunden? Zur vollständigen Lösung gehört auch die Angabe des Rechenweges bzw. eine Erklärung!



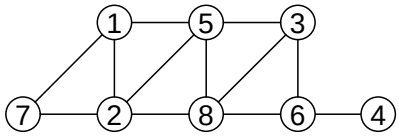
d) (2 Punkte) *(Harte Nuss)* Finden Sie zwei Startwaben x und y für die folgendes gilt:

- Eine lokale Strahlsuche mit k = 2, die auf diesen Waben startet, findet nicht die optimale Lösung,
- wohingegen Hillclimbing, dass zunächst auf x startet und dann auf y, eine optimale Lösung in einem der Suchdurchgänge findet.

Dabei liegt beiden Verfahren, Hillclimbing OHNE Seitenschritte zugrunde.

Aufgabe 5: Constraint Satisfaction (10 Punkte)

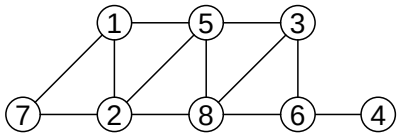
Wir wollen die Knoten des im folgenden dargestellten Graphs in drei Farben einfärben (Rot, Grün Blau), so dass keine zwei benachbarten Knoten in der gleichen Farbe gefärbt sind. Hierzu verwenden wir das Verfahren 'Conflict-Directed Backjumping'.



a) (6 Punkte) Vervollständigen Sie die folgende Tabelle! Die Werte in Klammern geben jeweils die Inhalte der Konfliktmengen an. Die Werte werden in der Reihenfolge R, G, B zugewiesen. Verwenden Sie ein X um anzudeuten, dass kein Wert mehr eigesetzt werden kann (Ersatztabelle bei Fehlversuch, siehe nächste Seite)!

-1-	-2-	-3-	-4-	-5-	-6-	-7-	-8-
R							
	G(1)						
		R					
			R				
				B(1,2)			

Verwenden Sie bei einem schwer zu korrigierenden Fehler bitte diese Tabelle und streichen Sie die Tabelle auf der vorigen Seite!



-1-	-2-	-3-	-4-	-5-	-6-	-7-	-8-
R							
	G(1)						
		R					
			R				
				B(1,2)			

b) (4 Punkte) Man unterscheidet bei CSP Problemen zwischen Heuristiken zur Wertewahl und Heuristiken zur Variablenwahl. Nennen Sie eine Heuristik zur Wertewahl und eine Heuristik zur Variablenwahl und erläutern sie kurz den zugrundeliegenden Gedanken!

Aufgabe 6: Relationsalgebra (8 Punkte)

Eine Begriffshierarchie besteht aus Axiomen des folgenden Typs

$A \Rightarrow B$	*(d.h. jedes A ist ein B)*
$A \ominus B$	*(d.h. es gibt nichts, was ein A und zugleich ein B ist)*
$A \oplus B$	*(d.h. es gibt etwas, das ein A und zugleich ein B ist)*

Wir betrachten die Relationen $\Rightarrow, \ominus, \oplus$ nun etwas genauer.

a) (2 Punkte) Stellen Sie die Verhältnisse zwischen A und B in Bezug auf jeden Axiomtyp in geeigneter Weise graphisch dar!

b) (2 Punkte) Erstellen Sie zunächst eine Transpositiontabelle für die Relationenmenge! Erweitern Sie die Relationenmenge, falls dies notwendig ist, um so eine vollständige Tabelle zu erhalten! In diesem Fall müssen Sie ein neues Relationssymbol einführen.

c) (3 Punkte) Vervollständigen Sie die Einträge in der folgenden Kompositionstabelle, indem Sie die Inhalte der drei leeren Zellen füllen!

	$\Rightarrow$	$\ominus$	$\oplus$
$\Rightarrow$		$\ominus$	$\Rightarrow, \ominus, \oplus$
$\ominus$	$\Rightarrow, \ominus, \oplus$		$\Rightarrow, \ominus, \oplus$
$\oplus$	$\Rightarrow, \oplus$		$\Rightarrow, \ominus, \oplus$

d) (1 Punkt) Bei der Relationenmenge $\Rightarrow, \ominus, \oplus$ handelt es sich um kein JEPD System. Wieso?

e) (1 Punkt) Ändern Sie die Relationenmenge, so dass es sich um ein JEPD System handelt. Sie können weitere Relationen hinzufügen oder vorhandene eliminieren?

Aufgabe 7: Logisches Schließen (11 Punkte)

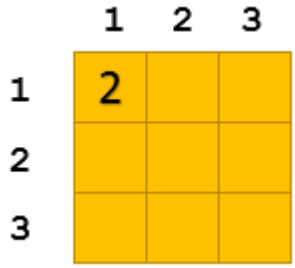
a) (2 Punkte) Nennen Sie ein Verfahren mit dem die Erfüllbarkeit einer aussagenlogischen Formel überprüft werden kann, das im Wesentlichen auf einer *lokalen Suche* beruht. Skizzieren Sie das Grundprinzip in wenigen Sätzen!

b) (2 Punkte) Nennen Sie ein Verfahren mit dem die Erfüllbarkeit einer aussagenlogischen Formel überprüft werden kann, dass im Wesentlichen auf einem *Backtracking-Ansatz* beruht. Skizzieren Sie das Grundprinzip in wenigen Sätzen!

c) (2 Punkte) Geben Sie beispielhaft zwei Klauseln an, durch die mittels Resolution eine weitere Klausel abgeleitet werden kann! Dabei soll jede Klausel mindestens ein positives und mindestens ein negatives Literal enthalten. Führen Sie den Resolutionsschritt durch!

d) (2 Punkte) *(Harte Nuss)* Gegeben sei eine aussagenlogische Formel ϕ, in der die atomaren Aussagen a,b,c und d vorkommen. Die Formel ϕ sei erfüllbar. Weiterhin gelte, dass $\phi \wedge \neg d$ unerfüllbar ist. Wieviele Modelle hat die Formel ϕ mindestens, wieviele Modelle hat ϕ höchstens? Begründen Sie Ihre Antwort!

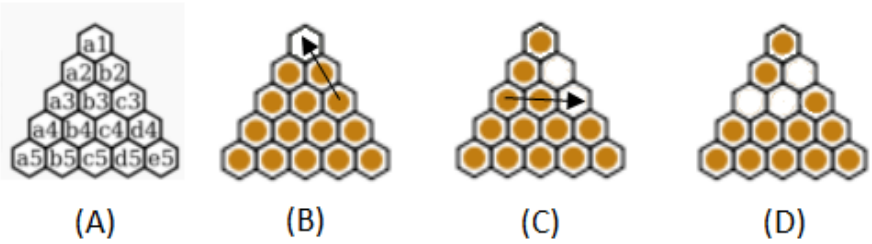
e) (3 Punkte) Gegeben sei die folgende Abbildung, in der ein Minesweeper Agent das linke obere Feld aufgedeckt hat.



Notieren Sie alle Informationen, die sich hieraus ableiten lassen als aussagenlogische Formel!

Aufgabe 8: Planen (14 Punkte)

Gegeben sei das in folgender Abbildung dargestellte Solitärspiel.



Es geht bei dem Spiel darum, durch eine Folge von Spielzügen alle Steine bis auf einen Stein abzuräumen, wobei der verbleibende Stein zum Schluss auf der Position $a1$ stehen muss. Die einzelnen Positionen des Feldes sollen im Folgenden so benannt werden, wie dies in (A) dargestellt ist. In (B) sieht man die Startaufstellung, (C) und (D) sind Spielzustände, die sich aus einer Abfolge von gültigen Zügen aus dem Startzustand ergeben.

Es gelten folgende Regeln für das Spiel: Ein Stein darf einen benachbarten Stein überspringen und auf das in Sprungrichtung direkt dahinterliegende Feld gezogen werden, insofern dieses Feld frei ist. Danach ist das Feld, auf dem der gezogene Stein lag, leer. Der gezogene Stein liegt jetzt auf dem Zielfeld. Zudem wird der übersprungene Stein aus dem Spiel genommen. Zwei Positionen gelten als benachbart, wenn Sie eine gemeinsame Grenze haben. Modellieren Sie das Spiel als STRIPS Planungsproblem.

Achtung: Konkrete Aufgabestellung auf den folgenden beiden Seiten.

a) (6 Punkte) Füllen Sie die Lücken in dem vorgegebenen STRIPS-Fragment des Domain-Files!

```
(define (domain solitaer)
  (:requirements :strips)
  (:predicates




  )
  (:action move
     :parameters (                              )
     :precondition




     :effect




  )
)
```

b) (6 Punkte) Füllen Sie die Lücken in dem vorgegebenen STRIPS-Fragment des Fakten-Files! Spezifizieren Sie hierbei den Start- und Zielzustand nur exemplarisch (Siehe hierzu auch Aufgabenteil c)).

```
(define (problem solitaer)
  (:domain :solitaer)
  (:objects)
  (:init)
  (:goal)
)
```

c) (2 Punkte) *(Harte Nuss)* Wieviele Aussagen beschreiben einen vollständig spezifizierten Startzustand? Geben Sie die Anzahl der benötigten Aussagen jeweils in Bezug auf die verwendeten Prädikate an!

Aufgabe 9: Vermischte Fragen (10 Punkte)

Bei den folgenden Fragen gibt es immer nur genau eine korrekte Antwort.

a) (2 Punkte) Welches der folgenden Probleme ist *fully observable* und *deterministic*?

[ ] Mensch ärger dich nicht!
[ ] Kartenspiel Mau-Mau
[ ] Bohnenspiel
[ ] Backgammon
[ ] Keines der genannten Spiele

b) (2 Punkte) Welches der folgenden Suchverfahren/-strategien findet *immer* die optimale Lösung, gegeben unendliche Rechenzeit und unendlich viel Speicherplatz?

[ ] Tiefensuche
[ ] Tiefensuche basierend auf Backtracking
[ ] Greedy-Suche
[ ] Breitensuche
[ ] Keine der anderen Aussagen ist korrekt.

c) (2 Punkte) Gegeben seien die aussagenlogischen Formeln α und β. β folgt aus α genau dann wenn ...

[ ] jedes Modell für α ein Modell für β ist.
[ ] jedes Modell für β ein Modell für $\neg\alpha$ ist.
[ ] es mindestens ein Modell für $\alpha \wedge \beta$ gibt.
[ ] es mindestens ein Modell für $\alpha \wedge \neg\beta$ gibt.
[ ] Keine der anderen Aussagen ist korrekt.

d) (2 Punkte) Hillclimbing ist die Bezeichnung für ein einfaches lokales Suchverfahren. In welchem Zusammenhang setzt man die Variante 'Hillclimbing mit erster Wahl (first choice)' ein?

[ ] Wenn es in der Zustandslandschaft Plateaus aber keine lokalen Maxima gibt.
[ ] Wenn es in der Zustandslandschaft Plateaus und/oder lokale Maxima gibt.
[ ] Wenn es zu einem gegebenen Zustand sehr viele Nachbarzustände gibt.
[ ] Wenn die Variante mit k-Neustarts vermutlich schlechte Ergebnisse erzeugen würde.
[ ] Keine der anderen Aussagen ist korrekt.

e) (2 Punkte) Das 3-Farben Problem besteht darin, die Länder einer Landkarte mit maximal 3 Farben einzufärben, wobei gleichfarbige Nachbarländer nicht erlaubt sind. Wir wenden das Verfahren Conflict-Directed Backjumping an. Dabei wird zu jeder Variable ein sogenanntes Conflict Set gespeichert.

- [ ] Ein Conflict-Set kann in Bezug auf das 3-Farben Problem maximal ein Element speichern.
- [ ] Ein Conflict-Set kann in Bezug auf das 3-Farben Problem maximal drei Elemente speichern.
- [ ] Ein Conflict-Set kann in Bezug auf das 3-Farben Problem maximal vier Elemente speichern.
- [ ] Keine der anderen Aussagen ist korrekt.

Zusatzblatt 1/3 für Lösungen:

Zusatzblatt 2/3 für Lösungen:

Zusatzblatt 3/3 für Lösungen: