

# Grundlagen der Künstlichen Intelligenz

Dr. J. Boedecker, Prof. Dr. W. Burgard, PD Dr. M. Ragni  
J. Aldinger, J. Boedecker, C. Dornhege, M. Krawez  
Sommersemester 2016

Universität Freiburg  
Institut für Informatik

## Übungsblatt 3

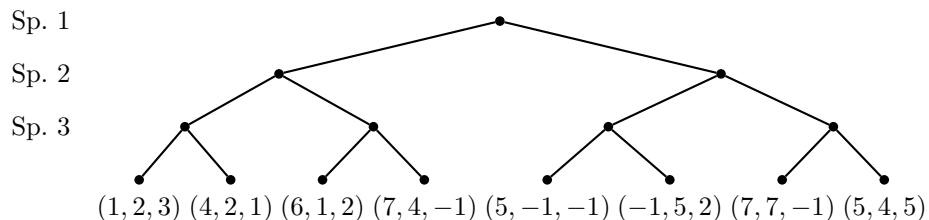
Abgabe: Mittwoch, 1. Juni 2016, vor der Vorlesung

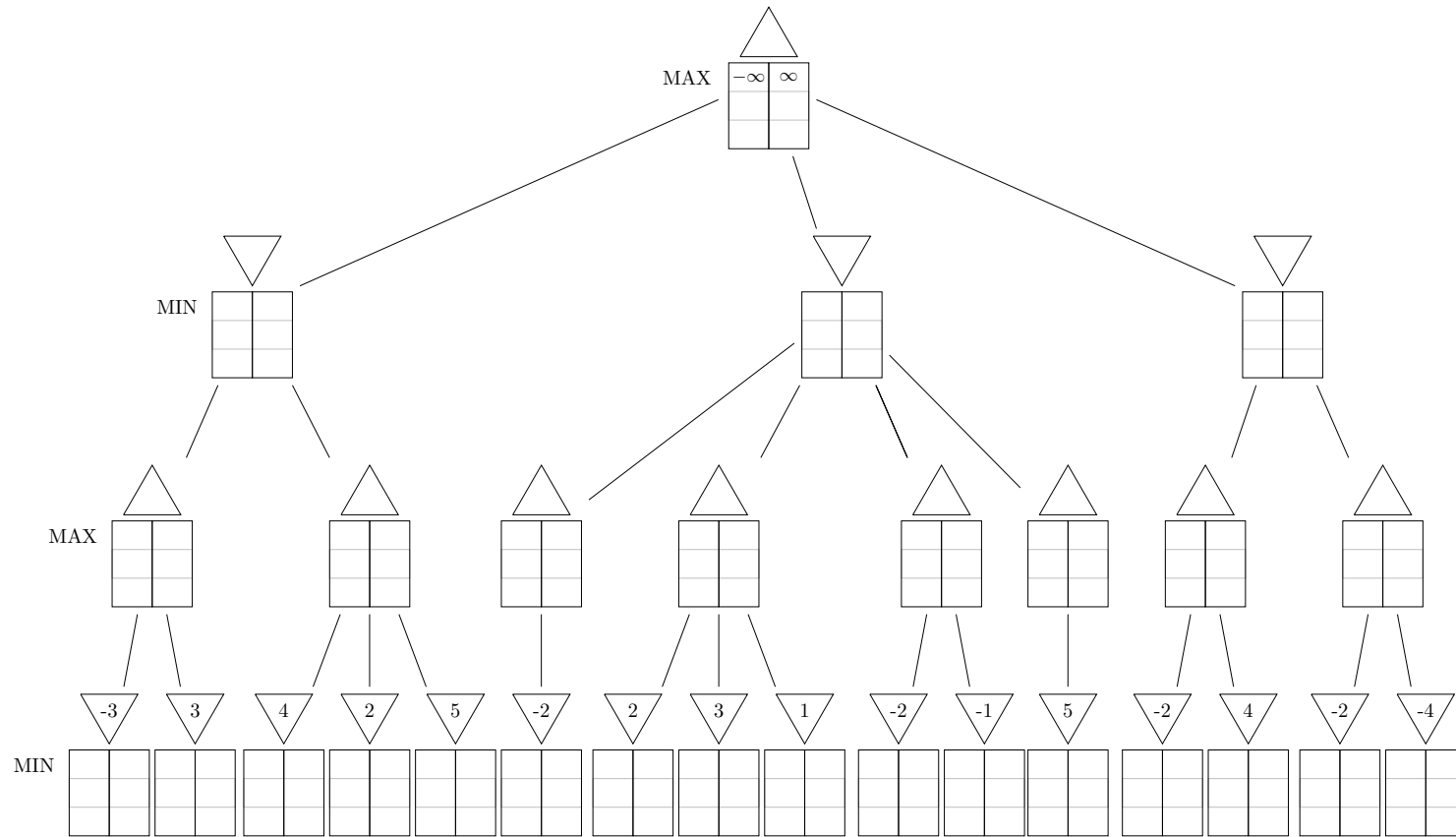
### Aufgabe 3.1

Brettspiele

- (a) Betrachten Sie den Spielbaum für das Zwei-Personen-Spiel auf der folgenden Seite. Simulieren Sie das Verhalten des Minimax Algorithmus mit  $\alpha$ - $\beta$ -Pruning (expandieren Sie Kindknoten dabei von links nach rechts). Tragen Sie die Werte der berechneten Knoten in die Dreiecke und die  $\alpha$ - $\beta$ -Zwischenwerte in die zugehörigen Tabellen ein.
- (b) Betrachten Sie nun das Problem, den Spielbaum eines Drei-Personen-Spiels zu evaluieren, das nicht notwendigerweise die Nullsummenbedingung erfüllt. Sie dürfen annehmen, dass keine Allianzen zwischen Spielern erlaubt sind. Die Spieler heißen 1, 2 und 3. Im Gegensatz zu Zwei-Personen-Nullsummenspielen liefert die Bewertungsfunktion nun Tripel  $(x_1, x_2, x_3)$  zurück, wobei  $x_i$  der Wert für Spieler  $i$  ist.

Vervollständigen Sie den Spielbaum, indem Sie alle inneren Knoten und den Wurzelknoten mit den entsprechenden Wert-Tripeln annotieren.





(der Minimax Baum für Frage (1))

**Aufgabe 3.2** (Forward Checking / Kantenkonsistenz)

Betrachten Sie das 6-Damen Problem, bei dem 6 Spielfiguren auf einem  $6 \times 6$  Felder großen Brett so platziert werden sollen, dass sich keine zwei Damen auf der selben horizontalen, vertikalen oder diagonalen Line befinden. Der Wertebereich sei  $dom(v_i) = 1, \dots, 6$  für alle Variablen  $v_i \in V$ . Betrachten Sie nun den Zustand  $\alpha = \{v_1 \mapsto 2, v_2 \mapsto 5\}$ .

	$v_1$	$v_2$	$v_3$	$v_4$	$v_5$	$v_6$
1						
2	♔					
3						
4						
5		♔				
6						

- (a) Erzeugen Sie Kantenkonsistenz in  $\alpha$ . Geben Sie hierzu insbesondere die Wertebereiche der Variablen vor und nach dem Erzeugen der Kantenkonsistenz an. Sie dürfen annehmen, dass der Wertebereich von Variablen mit bereits zugewiesenen Werten nur aus dem zugewiesenen Wert besteht, während unbelegte Variablen den vollen Wertebereich haben. Wählen Sie immer diejenige Variable mit niedrigstem Index, für welche noch keine Kantenkonsistenz erzeugt wurde.
- (b) Führen Sie Forward-Checking in  $\alpha$  aus. Vergleichen Sie das Ergebnis mit (a).

**Aufgabe 3.3** (Erfüllbarkeit, Modelle)

- (a) Entscheiden Sie für jede der folgenden Aussagen, ob sie gültig, unerfüllbar oder keines von beidem ist.
  - (1)  $Rauch \Rightarrow Rauch$
  - (2)  $Rauch \Rightarrow Feuer$
  - (3)  $(Rauch \Rightarrow Feuer) \Rightarrow (\neg Feuer \Rightarrow \neg Rauch)$
  - (4)  $(Rauch \Rightarrow Feuer) \Rightarrow ((Rauch \wedge Hitze) \Rightarrow Feuer)$
  - (5)  $DerBessereGewinnt \Leftrightarrow DeutschlandWirdEuropameister$
- (b) Gehen Sie von einem Vokabular mit nur vier atomaren Aussagen  $A$ ,  $B$ ,  $C$  und  $D$  aus. Wie viele Modelle gibt es für die folgenden Formeln? Begründen Sie.
  - (1)  $(A \wedge B) \vee (B \wedge C)$
  - (2)  $A \vee B$
  - (3)  $(A \leftrightarrow B) \wedge (B \leftrightarrow C)$

**Aufgabe 3.4** (KNF-Transformation, Resolutionsmethode)

Es gelten die folgenden Umformungsregeln, nach denen man aussagenlogische Formeln in äquivalente Formeln überführen kann. Dabei sind  $\varphi$ ,  $\psi$  und  $\chi$  beliebige aussagenlogische Formeln:

$$\neg\neg\varphi \equiv \varphi \quad (1)$$

$$\neg(\varphi \vee \psi) \equiv \neg\varphi \wedge \neg\psi \quad (2)$$

$$\varphi \vee (\psi \wedge \chi) \equiv (\varphi \vee \psi) \wedge (\varphi \vee \chi) \quad (3)$$

$$\neg(\varphi \wedge \psi) \equiv \neg\varphi \vee \neg\psi \quad (4)$$

$$\varphi \wedge (\psi \vee \chi) \equiv (\varphi \wedge \psi) \vee (\varphi \wedge \chi) \quad (5)$$

Außerdem sind die  $\vee$ - und  $\wedge$ -Operationen assoziativ und kommutativ.

Betrachten Sie die Formel  $((C \wedge \neg B) \leftrightarrow A) \wedge (\neg C \rightarrow A)$ .

- (a) Wandeln Sie die Formel mithilfe der KNF-Transformationsregeln in eine Klauselmenge  $K$  um. Schreiben Sie die einzelnen Schritte auf.
- (b) Zeigen Sie anschließend mittels der Resolutionsmethode, ob  $K \models (\neg B \rightarrow (A \wedge C))$  gilt.

Die Übungsblätter dürfen und sollten in Gruppen von drei (3) Studenten bearbeitet werden. Bitte schreiben Sie alle Ihre Namen sowie die Nummer Ihrer Übungsgruppe auf Ihre Lösung.