

# Grundlagen der Künstlichen Intelligenz

Prof. Dr. W. Burgard, Prof. Dr. B. Nebel,  
Prof. Dr. M. Riedmiller  
J. Aldinger, J. Boedecker, P. Ruchti  
Sommersemester 2014

Universität Freiburg  
Institut für Informatik

## Übungsblatt 4

Abgabe: Freitag, 27. Juni 2014

### Aufgabe 4.1 (Erfüllbarkeit, Modelle)

- (a) Entscheiden Sie für jede der folgenden Aussagen, ob sie gültig, unerfüllbar oder keines von beidem ist.
- (i)  $Rauch \Rightarrow Rauch$
  - (ii)  $Rauch \Rightarrow Feuer$
  - (iii)  $(Rauch \Rightarrow Feuer) \Rightarrow (\neg Feuer \Rightarrow \neg Rauch)$
  - (iv)  $(Rauch \Rightarrow Feuer) \Rightarrow ((Rauch \wedge Hitze) \Rightarrow Feuer)$
  - (v)  $DerBessereGewinnt \Leftrightarrow DeutschlandWirdWeltmeister$
- (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.
- (i)  $(A \wedge B) \vee (B \wedge C)$
  - (ii)  $A \vee B$
  - (iii)  $(A \leftrightarrow B) \wedge (B \leftrightarrow C)$

### Aufgabe 4.2 (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:

$$\neg\neg\varphi \equiv \varphi \tag{1}$$

$$\neg(\varphi \vee \psi) \equiv \neg\varphi \wedge \neg\psi \tag{2}$$

$$\varphi \vee (\psi \wedge \chi) \equiv (\varphi \vee \psi) \wedge (\varphi \vee \chi) \tag{3}$$

$$\neg(\varphi \wedge \psi) \equiv \neg\varphi \vee \neg\psi \tag{4}$$

$$\varphi \wedge (\psi \vee \chi) \equiv (\varphi \wedge \psi) \vee (\varphi \wedge \chi) \tag{5}$$

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 Resolution, dass  $K \models (\neg B \rightarrow (A \wedge C))$  gilt.




**Aufgabe 4.3** (Davis-Putnam-Verfahren)



Geben Sie mithilfe des Davis-Putnam-Verfahrens ein Modell für die folgenden Klauselmengen an oder zeigen Sie, dass ein Modell nicht existiert. Verwenden Sie, wenn möglich, die *pure symbol heuristic* (d. h. Zuweisung des entsprechenden Wertes an Variable, die immer mit derselben Polarität auftreten) und *unit propagation* und geben Sie in jedem Schritt an, welche Regel Sie angewandt haben.

- (a)  $\{\{P, \neg Q\}, \{\neg P, Q\}, \{Q, \neg R\}, \{S\}, \{\neg S, \neg Q, \neg R\}, \{S, R\}\}$   
 (b)  $\{\{P, Q, S, T\}, \{P, S, \neg T\}, \{Q, \neg S, T\}, \{P, \neg S, \neg T\}, \{P, \neg Q\}, \{\neg R, \neg P\}, \{R\}\}$

**Aufgabe 4.4** (Wumpuswelt und Resolution)

Betrachten Sie folgende Situation in der Wumpuswelt:

1,4	2,4	3,4	4,4
1,3	2,3	3,3	4,3
1,2  Stench	2,2	3,2	4,2
1,1 	2,1 	3,1	4,1

Dabei seien die grau unterlegten Felder bereits besucht worden, die anderen Felder noch nicht. Die Wahrnehmungen in den jeweiligen Feldern sind durch  *breeze* (Windhauch) und  *stench* (Gestank) gekennzeichnet.

- (a) Formalisieren Sie mithilfe aussagenlogischer Formeln den allgemeinen Zusammenhang zwischen Windhauch und Fallgruben (*pits*). Verwenden Sie dabei 16 Aussagevariablen der Art  $B_{i,j}$  (es gibt einen Windhauch in Feld  $[i, j]$ ) und 16 Aussagevariablen der Art  $P_{i,j}$  (Fallgrube in Feld  $[i, j]$ ).
- (b) Zeigen Sie mittels *Resolution*, dass das Feld  $[3, 1]$  in der angegebenen Situation eine Fallgrube enthält, d. h. zeigen Sie  $KB \models P_{3,1}$ , wobei die Wissensbasis  $KB$  sich aus den allgemeinen Aussagen des Aufgabenteils (a) und den Wahrnehmungen des Agenten zusammensetzt. Beachten Sie dabei, dass bereits besuchte Felder keine Fallgruben beinhalten. Überführen Sie falls nötig die Wissensbasis zunächst in Klauselform.

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.