

# Grundlagen der künstlichen Intelligenz - Übungsblatt 5

July 11, 2012

Viktor Kurz, Stefan Wrobel  
{kurzv,wrobel}@informatik.uni-freiburg.de

## Aufgabe 5.1:

(a)

- (i)  $P(A, f(B))$
- (ii)  $P(f(g(B, B)), g(B, B))$
- (iii)  $P(f(y), g(B, B))$
- (iv)  $P(A, y)$

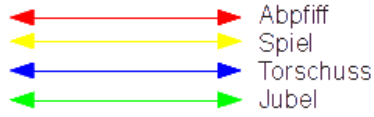
(b)

$T_0 = \{R(h(x), f(h(u), y)), R(y, f(y, h(g(A))))\}$   
 $s_0 = \{\}$   
 $D_0 = \{h(x), y\}$   
 $s_1 = \{\frac{y}{h(x)}\}$   
 $T_1 = \{R(h(x), f(h(u), h(x))), R(h(x), f(h(x), h(g(A))))\}$   
 $D_1 = \{u, x\}$   
 $s_2 = \{\frac{x}{u}\}$   
 $T_2 = \{R(h(u), f(h(u), h(u))), R(h(u), f(h(u), h(g(A))))\}$   
 $D_3 = \{u, g(A)\}$   
 $s_3 = \{\frac{u}{g(A)}\}$   
 $T_3 = \{R(h(g(A)), f(h(g(A)), h(g(A))))\}$   
Singleton, d.h. Algorithmus terminiert.

## Aufgabe 5.2:

(a)

Folgende Kombinationen sind möglich:



Möglichkeit 1:



Möglichkeit 2:



Relation (a) ist also richtig.

Relation (b) ist nicht (unbedingt) richtig. (Über den Endzeitpunkt des Jubels wird keine Angabe gemacht, d.h. es ist möglich, dass der Jubel auch über das Ende des Spiels hinaus anhält.)

(b)

- (1)  $o \circ m = <$
- (2)  $m \circ f = (o, s, d)$
- (3)  $(o, f^{-1}) \circ f = ((o, s, d), (f^{-1}, =, f))$

**Aufgabe 5.3:**

(a)

- $$\begin{aligned}
 R_1 &= B_{1,1} \Rightarrow P_{1,2} \vee P_{2,1} \\
 R_2 &= B_{1,2} \Rightarrow P_{1,1} \vee P_{1,3} \vee P_{2,2} \\
 R_3 &= B_{1,3} \Rightarrow P_{1,2} \vee P_{1,4} \vee P_{2,3} \\
 R_4 &= B_{1,4} \Rightarrow P_{1,3} \vee P_{2,4} \\
 R_5 &= B_{2,1} \Rightarrow P_{1,1} \vee P_{2,2} \vee P_{3,1} \\
 R_6 &= B_{2,2} \Rightarrow P_{1,2} \vee P_{2,1} \vee P_{2,3} \vee P_{3,2} \\
 R_7 &= B_{2,3} \Rightarrow P_{1,3} \vee P_{3,3} \vee P_{2,2} \vee P_{2,4} \\
 R_8 &= B_{2,4} \Rightarrow P_{3,4} \vee P_{1,4} \vee P_{2,3} \\
 R_9 &= B_{3,1} \Rightarrow P_{2,1} \vee P_{4,1} \vee P_{3,2} \\
 R_{10} &= B_{3,2} \Rightarrow P_{4,2} \vee P_{2,2} \vee P_{3,1} \vee P_{3,3} \\
 R_{11} &= B_{3,3} \Rightarrow P_{3,2} \vee P_{3,4} \vee P_{2,3} \vee P_{4,3} \\
 R_{12} &= B_{3,4} \Rightarrow P_{3,3} \vee P_{4,4} \vee P_{2,4} \\
 R_{13} &= B_{4,1} \Rightarrow P_{3,1} \vee P_{4,2} \\
 R_{14} &= B_{4,2} \Rightarrow P_{4,1} \vee P_{4,3} \vee P_{3,2} \\
 R_{15} &= B_{4,3} \Rightarrow P_{4,2} \vee P_{4,4} \vee P_{3,3} \\
 R_{16} &= B_{4,4} \Rightarrow P_{4,3} \vee P_{3,4} \\
 R_{17} &= \neg B_{1,1} \Rightarrow \neg P_{1,2} \wedge \neg P_{2,1} \\
 R_{18} &= \neg B_{1,2} \Rightarrow \neg P_{1,1} \wedge \neg P_{1,3} \wedge \neg P_{2,2} \\
 R_{19} &= \neg B_{1,3} \Rightarrow \neg P_{1,2} \wedge \neg P_{1,4} \wedge \neg P_{2,3}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
R_{20} &= \neg B_{1,4} \Rightarrow \neg P_{1,3} \wedge \neg P_{2,4} \\
R_{21} &= \neg B_{2,1} \Rightarrow \neg P_{1,1} \wedge \neg P_{2,2} \wedge \neg P_{3,1} \\
R_{22} &= \neg B_{2,2} \Rightarrow \neg P_{1,2} \wedge \neg P_{2,1} \wedge \neg P_{2,3} \wedge \neg P_{3,2} \\
R_{23} &= \neg B_{2,3} \Rightarrow \neg P_{1,3} \wedge \neg P_{3,3} \wedge \neg P_{2,2} \wedge \neg P_{2,4} \\
R_{24} &= \neg B_{2,4} \Rightarrow \neg P_{3,4} \wedge \neg P_{1,4} \wedge \neg P_{2,3} \\
R_{25} &= \neg B_{3,1} \Rightarrow \neg P_{2,1} \wedge \neg P_{4,1} \wedge \neg P_{3,2} \\
R_{26} &= \neg B_{3,2} \Rightarrow \neg P_{4,2} \wedge \neg P_{2,2} \wedge \neg P_{3,1} \wedge \neg P_{3,3} \\
R_{27} &= \neg B_{3,3} \Rightarrow \neg P_{3,2} \wedge \neg P_{3,4} \wedge \neg P_{2,3} \wedge \neg P_{4,3} \\
R_{28} &= \neg B_{3,4} \Rightarrow \neg P_{3,3} \wedge \neg P_{4,4} \wedge \neg P_{2,4} \\
R_{29} &= \neg B_{4,1} \Rightarrow \neg P_{3,1} \wedge \neg P_{4,2} \\
R_{30} &= \neg B_{4,2} \Rightarrow \neg P_{4,1} \wedge \neg P_{4,3} \wedge \neg P_{3,2} \\
R_{31} &= \neg B_{4,3} \Rightarrow \neg P_{4,2} \wedge \neg P_{4,4} \wedge \neg P_{3,3} \\
R_{32} &= \neg B_{4,4} \Rightarrow \neg P_{4,3} \wedge \neg P_{3,4}
\end{aligned}$$

(b)

Klauselform:

$$\begin{aligned}
R_1 &= \neg B_{1,1} \vee P_{1,2} \vee P_{2,1} \\
R_2 &= \neg B_{1,2} \vee P_{1,1} \vee P_{1,3} \vee P_{2,2} \\
R_3 &= \neg B_{1,3} \vee P_{1,2} \vee P_{1,4} \vee P_{2,3} \\
R_4 &= \neg B_{1,4} \vee P_{1,3} \vee P_{2,4} \\
R_5 &= \neg B_{2,1} \vee P_{1,1} \vee P_{2,2} \vee P_{3,1} \\
R_6 &= \neg B_{2,2} \vee P_{1,2} \vee P_{2,1} \vee P_{2,3} \vee P_{3,2} \\
R_7 &= \neg B_{2,3} \vee P_{1,3} \vee P_{3,3} \vee P_{2,2} \vee P_{2,4} \\
R_8 &= \neg B_{2,4} \vee P_{3,4} \vee P_{1,4} \vee P_{2,3} \\
R_9 &= \neg B_{3,1} \vee P_{2,1} \vee P_{4,1} \vee P_{3,2} \\
R_{10} &= \neg B_{3,2} \vee P_{4,2} \vee P_{2,2} \vee P_{3,1} \vee P_{3,3} \\
R_{11} &= \neg B_{3,3} \vee P_{3,2} \vee P_{3,4} \vee P_{2,3} \vee P_{4,3} \\
R_{12} &= \neg B_{3,4} \vee P_{3,3} \vee P_{4,4} \vee P_{2,4} \\
R_{13} &= \neg B_{4,1} \vee P_{3,1} \vee P_{4,2} \\
R_{14} &= \neg B_{4,2} \vee P_{4,1} \vee P_{4,3} \vee P_{3,2} \\
R_{15} &= \neg B_{4,3} \vee P_{4,2} \vee P_{4,4} \vee P_{3,3} \\
R_{16} &= \neg B_{4,4} \vee P_{4,3} \vee P_{3,4} \\
R_{17} &= B_{1,1} \vee \neg P_{1,2}, B_{1,1} \vee \neg P_{2,1} \\
R_{18} &= B_{1,2} \vee \neg P_{1,1} \wedge, B_{1,2} \vee \neg P_{1,3}, B_{1,2} \vee \neg P_{2,2} \\
R_{19} &= B_{1,3} \vee \neg P_{1,2}, B_{1,3} \vee \neg P_{1,4}, B_{1,3} \vee \neg P_{2,3} \\
R_{20} &= B_{1,4} \vee \neg P_{1,3}, B_{1,4} \vee \neg P_{2,4} \\
R_{21} &= B_{2,1} \vee \neg P_{1,1}, B_{2,1} \vee \neg P_{2,2}, B_{2,1} \vee \neg P_{3,1} \\
R_{22} &= B_{2,2} \vee \neg P_{1,2}, B_{2,2} \vee \neg P_{2,1}, B_{2,2} \vee \neg P_{2,3}, B_{2,2} \vee \neg P_{3,2} \\
R_{23} &= B_{2,3} \vee \neg P_{1,3}, B_{2,3} \vee \neg P_{3,3}, B_{2,3} \vee \neg P_{2,2}, B_{2,3} \vee \neg P_{2,4} \\
R_{24} &= B_{2,4} \vee \neg P_{3,4}, B_{2,4} \vee \neg P_{1,4}, B_{2,4} \vee \neg P_{2,3} \\
R_{25} &= B_{3,1} \vee \neg P_{2,1}, B_{3,1} \vee \neg P_{4,1}, B_{3,1} \vee \neg P_{3,2} \\
R_{26} &= B_{3,2} \vee \neg P_{4,2}, B_{3,2} \vee \neg P_{2,2}, B_{3,2} \vee \neg P_{3,1}, B_{3,2} \vee \neg P_{3,3} \\
R_{27} &= B_{3,3} \vee \neg P_{3,2}, B_{3,3} \vee \neg P_{3,4}, B_{3,3} \vee \neg P_{2,3}, B_{3,3} \vee \neg P_{4,3} \\
R_{28} &= B_{3,4} \vee \neg P_{3,3}, B_{3,4} \vee \neg P_{4,4}, B_{3,4} \vee \neg P_{2,4} \\
R_{29} &= B_{4,1} \vee \neg P_{3,1}, B_{4,1} \vee \neg P_{4,2}
\end{aligned}$$

$$R_{32} = B_{4,4} \vee \neg P_{4,3}, B_{4,4} \vee \neg P_{3,4}$$

Wissen:

$$\neg B_{1,1}, \neg B_{1,2}, B_{2,1}$$

Negierte Zielformel:

$$\neg P_{3,1}$$

Resolution:

$$\neg P_{3,1}, \neg B_{2,1} \vee P_{1,1} \vee P_{2,2} \vee P_{3,1} \rightarrow \neg B_{2,1} \vee P_{1,1} \vee P_{2,2} \text{ (aus } R_5)$$
$$B_{2,1}, \neg B_{2,1} \vee P_{1,1} \vee P_{2,2} \rightarrow P_{1,1} \vee P_{2,2}$$
$$P_{1,1} \vee P_{2,2}, B_{1,2} \vee \neg P_{1,1} \rightarrow B_{1,2} \vee P_{2,2} \text{ (aus } R_{18})$$
$$B_{1,2} \vee P_{2,2}, \neg B_{1,2} \rightarrow P_{2,2}$$
$$B_{1,2} \vee \neg P_{2,2}, P_{2,2} \rightarrow B_{1,2} \text{ (aus } R_{18})$$
$$B_{1,2}, \neg B_{1,2} \rightarrow \square$$

Negierte Zielformel ist nicht erfüllbar, d.h.  $P_{3,1}$  ist wahr.

### Aufgabe 5.4:

(a)

$$Move(x, y):$$

PRE:  $at(agent, x)$ ,  $connected(x, y)$ ,  $agentalive$

EFF:  $at(agent, y)$

$$Shoot(x, y):$$

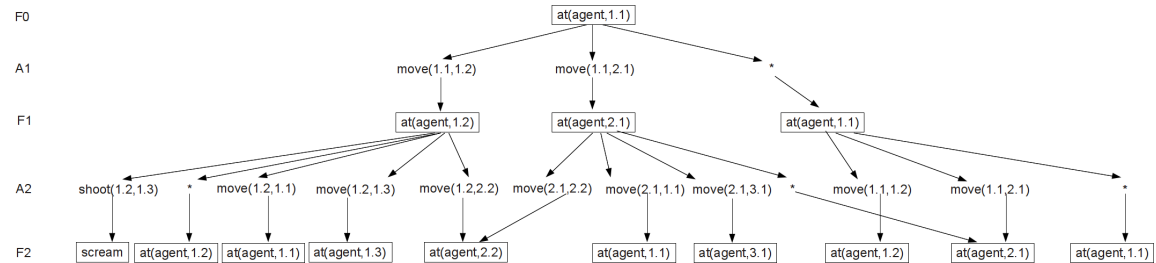
PRE:  $at(agent, x)$ ,  $connected(x, y)$ ,  $arrowleft$ ,  $agentalive$

EFF:  $at(wumpus, y) \Rightarrow scream$

(b)

$$Shoot(x, y)'$$

PRE:  $at(agent, x), at(wumpus, y), connected(x, y), arrowleft, agentalive$

EFF: *scream*

(c)

Plan:  $move(1.1, 1.2), shoot(1.2, 1.3)$

Der Plan kann auch im nicht relaxierten Fall angewendet werden.