

Übungsaufgaben zur Lehrveranstaltung
(LOGIK UND) LOGIKPROGRAMMIERUNG
im Studiengang Informatik

Technische Universität Ilmenau
Fakultät für Informatik und Automatisierung
Fachgebiet Künstliche Intelligenz
apl. Prof. Dr.-Ing. habil. Rainer Knauf

1. Für folgende syntaktische Gebilde entscheide man, ob es sich um (für Wissensbasen in der logischen Programmierung verwendbare) HORN-Klauseln handelt:

- (a) $\forall X(\text{gleich}(X, X) \leftarrow \text{true})$
- (b) $\forall X \forall Y (\text{liiert}(X, Y) \leftarrow \exists Z (\text{vater}(X, Z) \wedge \text{mutter}(Y, Z)))$
- (c) $\forall X \forall Y \forall Z (\text{liiert}(X, Y) \leftarrow \text{vater}(X, Z) \wedge \text{mutter}(Y, Z))$
- (d) $\forall X \forall Y \forall Z (\text{grossvater}(X, Z) \leftarrow (\text{vater}(X, Y) \wedge \text{vater}(Y, Z)) \vee (\text{vater}(X, Y) \wedge \text{mutter}(Y, Z)))$

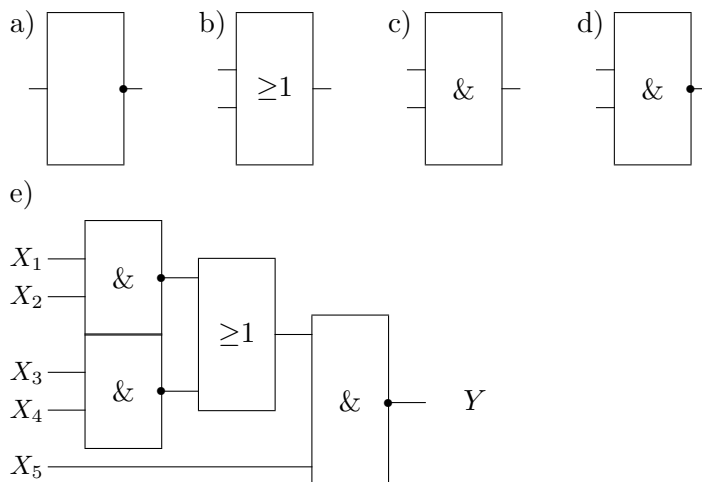
Sind die Aussagen 1b und 1c äquivalent ?

2. Man wandle in Klauselform um:

- (a) $\forall X p(X) \rightarrow \forall X p(X)$
- (b) $\exists X \neg p(X) \wedge (\exists X p(X) \vee \exists X (p(X) \wedge q(X))) \wedge \neg \exists X p(X)$

Sind die entstehenden Klauseln HORN-Klauseln?

3. Für einen Individuenbereich $I = \{0,1\}$ formuliere man HORN-Klauseln, die die Funktion folgender digitaler Schaltungen beschreiben:



4. Man entscheide, ob folgende Termopaare s und t miteinander unifizierbar sind und bestimme im Erfolgsfall den allgemeinsten Unifikator $m.g.u.(s, t)$.

- (a) $s = f(X, Y)$ $t = f(g(a, Y), Z)$
 (b) $s = f(X, Y)$ $t = f(g(a, Y), Y)$
 (c) $s = f(X, Y)$ $t = f(g(a, Y), X)$
 (d) $s = f(X, Y)$ $t = f(g(a, Y), f(X))$
 (e) $s = f(X, Y, h(X, Y, g(X, Y)))$ $t = f(g(a, Y), b, Z)$

5. Man zeige durch wiederholte Anwendung der Resolutionsmethode nach ROBINSON, dass aus den HORN-Klauseln

K_1 : $befreundet(frank, steffen)$

K_2 : $befreundet(steffen, uwe)$

K_3 : $bekannt(X, Y) \leftarrow befreundet(X, Z) \wedge befreundet(Z, Y)$

und der Hypothese

H: $bekannt(frank, Wer)$

die leere Klausel abgeleitet werden kann.

6. Über einem Individuenbereich $I = \{otto, emma, \dots\}$ seien folgende Prädikate definiert:

Prädikat	Bedeutung
maennlich(X)	bildet [X] auf wahr ab, gdw. X eine männliche Person ist
weiblich(X)	bildet [Y] auf wahr ab, gdw. Y eine weibliche Person ist
vater_von(X, Y)	bildet [X, Y] auf wahr ab, gdw. X der Vater von Y ist
mutter_von(X, Y)	bildet [X, Y] auf wahr ab, gdw. X die Mutter von Y ist
verheiratet(X, Y)	bildet [X, Y] auf wahr ab, gdw. X und Y miteinander verheiratet sind

Unter Zuhilfenahme dieser Prädikate formuliere man HORN-Klauseln, die Beziehungen zwischen den Elementen des Individuenbereiches beschreiben, indem sie die nachfolgenden Prädikate definieren:

Prädikat	Bedeutung
geschwister(X, Y)	bildet [X, Y] auf wahr ab, gdw. X und Y den gleichen Vater und die gleiche Mutter haben
cousin_von(X, Y)	bildet [X, Y] auf wahr ab, gdw. X Sohn eines Geschwisters eines Elternteils von Y ist
cousine_von(X, Y)	bildet [X, Y] auf wahr ab, gdw. X Tochter eines Geschwisters eines Elternteils von Y ist
schwager_von(X, Y)	bildet [X, Y] auf wahr ab, gdw. X der Mann einer Schwester von Y oder Bruder des Ehepartners von Y ist
schwaegerin_von(X, Y)	bildet [X, Y] auf wahr ab, gdw. X Frau eines Bruders von Y oder Schwester des Ehepartners von Y ist
nichte_von(X, Y)	bildet [X, Y] auf wahr ab, gdw. X Tochter eines Schwagers oder einer Schwägerin oder eines Geschwisters von Y ist
neffe_von(X, Y)	bildet [X, Y] auf wahr ab, gdw. X Sohn eines Schwagers oder einer Schwägerin oder eines Geschwisters von Y ist

7. Man notiere die HORN-Klauseln aus Aufgabe 3 als Wissensbasis eines PROLOG-Programms.

8. Gegeben sei folgende Wissensbasis:

- (1) `mutter_von(hilde,elsa).`
- (2) `vater_von(egon,elsa).`
- (3) `vater_von(paul,otto).`
- (4) `mutter_von(erna,otto).`
- (5) `mutter_von(elsa,gaby).`
- (6) `mutter_von(elsa,dieter).`
- (7) `vater_von(otto,gaby).`
- (8) `vater_von(otto,dieter).`
- (9) `grossvater_von(Grossvater,Enkel) :- vater_von(Grossvater,Vater),
vater_von(Vater,Enkel).`
- (10) `grossvater_von(Grossvater,Enkel) :- vater_von(Grossvater,Mutter),
mutter_von(Mutter,Enkel).`

(a) Man veranschauliche die Abarbeitung folgender Fragen anhand von Suchbäumen:

- i. `?-vater_von(paul,dieter).`
- ii. `?-mutter_von(X,gaby).`
- iii. `?-grossvater_von(egon,Wer).`
- iv. `?-grossvater_von(Wer,dieter).`

(b) Man erweitere die Wissensbasis um folgende Prädikate:

Prädikat	Bedeutung
<code>geschwister(X,Y)</code>	bildet (X,Y) auf wahr ab, gdw. X und Y gleichen Vater und gleiche Mutter haben und voneinander verschieden ¹ sind.
<code>geboren(X,Y)</code>	bildet (X,Y) auf wahr ab, gdw. Y das Geburtsdatum der Person X ist. Man überlege sich eine geeignete Termstruktur für Y.
<code>zwillinge(X,Y)</code>	bildet (X,Y) auf wahr ab, gdw. X und Y am gleichen Tag geboren sind und die gleiche Mutter haben.

(c) Mit Hilfe dieser Prädikate formuliere man folgende Fragen und veranschauliche deren Bearbeitung durch ein PROLOG-System:

- i. Wer wurde am 1. April geboren?
- ii. Wer wurde im Jahre 1960 geboren?
- iii. Wann hat Egon Geburtstag?
- iv. Gibt es ein Zwillingpaar in der Familie?
- v. Welche Geschwisterpaare gibt es?

9. Es seien Daten über Lieferbeziehungen in einer PROLOG-Faktenbasis mit Hilfe folgender Prädikate repräsentiert:

lieferant(LieferantenNr,Name,Ort)
teile(TeileNr,Name,Farbe,Gewicht_in_Gramm)
lieferung(LieferantenNr,TeileNr,Menge)

¹Ein Prädikat „ungleich(X,Y)“ kann als eingebaut vorausgesetzt werden.

LieferantenNr und *TeileNr* seien (eindeutig zugeordnete) Schlüssel für Lieferanten und Teile.

Man formuliere folgende Anfragen in PROLOG, wobei das (infix zu notierende) Prädikat $X < Y$ (X ist kleiner als Y) als gegeben vorausgesetzt werden kann:

- (a) Welches ist die Lieferanten-Nummer der Anbieter von Muttern?
- (b) Wie heißen die Lieferanten von Schrauben?
- (c) In welchem Ort befinden sich Lieferanten von Muttern *und* Schrauben?
- (d) Welchen Namen haben die Teile, die vom Lieferanten Richter geliefert werden?
- (e) Wie heißen die Saarbrücker Lieferanten, die Muttern liefern, die schwerer als 200 g sind?
- (f) Wie heißen die Lieferanten, die sowohl Muttern als auch Schrauben liefern?
- (g) Wie heißen die Lieferanten, die Muttern oder Schrauben liefern?

10. Gegeben sei folgende Wissensbasis:

- (1) `teil_von(anker,anlasser).`
- (2) `teil_von(zugmagnet,anlasser).`
- (3) `teil_von(anlasser,elektrik).`
- (4) `teil_von(elektrik,auto).`

„`teil_von(X, Y)`“ soll $[X, Y]$ auf wahr abbilden, gdw. X ein Bestandteil von Y ist.

Man erweitere diese Wissensbasis um ein Prädikat „`teiles_teil(X, Y)`“, welches $[X, Y]$ auf wahr abbildet, gdw. X ein direkter oder indirekter Bestandteil von Y ist. Man veranschauliche die Abarbeitung von Fragen der Art

`?-teiles_teil(X, Y)`

mit Hilfe von Suchbäumen.

11. Gegeben sei folgende Wissensbasis:

- (1) `elter(otto,paul).`
- (2) `elter(otto,egon).`
- (3) `geschwister(X,Y) :- elter(E,X), elter(E,Y), ungleich(X,Y).`
- (4) `ungleich(X,X) :- !, fail.`
- (5) `ungleich(-,-).`

Man veranschauliche die Abarbeitung folgender Fragen mit Hilfe von Suchbäumen:

- (a) `?-geschwister(egon,Wer).`
- (b) `?-geschwister(egon,egon).`
- (c) `?-geschwister(Wer,Wer).`
- (d) `?-geschwister(K1,K2).`

12. Gegeben sei eine Wissensbasis, in der die hierarchische Struktur eines Geräts dargestellt ist:

- (1) `teil_von(rechner,laufwerk).`
- (2) `teil_von(laufwerk,antrieb).`
- (3) `teil_von(antrieb,motor).`

Man erweitere diese Wissensbasis um ein Prädikat

- $\text{elementarteil}(X)$,

welches $[X]$ auf wahr abbildet, gdw. X keine weiteren Bestandteile besitzt.

- Es kann vorausgesetzt werden, dass X beim Aufruf des keine Variable ist.
- O.g. Prädikat soll für eine Variable beim Aufruf eine konstruktive Lösung liefern.

13. Man definiere folgende Listenoperationen rekursiv und überprüfe deren Richtigkeit bei Vorgabe geeigneter Ziele anhand von Suchbäumen:

- Zugriff auf das letzte Element einer Liste:
 - $\text{schlusslicht}(\text{LetztesElement}, \text{Liste})$
- Anhängen eines neuen Elements an eine Liste:
 - $\text{anh}(\text{Liste}, \text{Element}, \text{NeueListe})$
- Umwandeln einer Liste in eine Menge, d.h. Entfernen aller wiederholt vorkommenden Elemente:
 - $\text{menge}(\text{Liste}, \text{Menge})$

14. Gegeben ist folgende, auf PROLOG angepasste Definition für geordnete binäre Bäume:

- nil ist der leere Baum.
- $\text{baum}(\text{Inhalt}, \text{Ub1}, \text{Ub2})$ ist ein geordneter binärer Baum, wenn Ub1 und Ub2 geordnete binäre Bäume sind.

Demnach ist z.B.

$$\text{baum}(1, \text{baum}(2, \text{blatt}(3), \text{baum}(3, \text{blatt}(4), \text{blatt}(5))), \text{blatt}(6))$$

ein geordneter binärer Baum.

- Man schreibe ein PROLOG-Programm, das einen so definierten Baum in die Liste seiner Blätter (Rand) umwandelt:
 - $\text{blaetter}(\text{Baum}, \text{Blattliste})$
- Man schreibe ein PROLOG-Programm, welches einen geordneten binären Baum in einen Baum umwandelt der aus B entsteht, indem an jeder „Astgabel“ die Unterbäume vertauscht werden:
 - $\text{swap}(\text{Baum}, \text{Vertauschter_Baum})$
- Man schreibe ein PROLOG-Programm, welches die Hierarchieebene eines Elements ermittelt:
 - $\text{ebene}(\text{Element}, \text{Ebene})$

15. Man formuliere eine Prozedur

- $\text{am_kleinsten}(\langle \text{Liste} \rangle, \langle \text{Element} \rangle)$,

die $[\langle \text{Liste} \rangle, \langle \text{Element} \rangle]$ auf wahr abbildet, gdw. $\langle \text{Element} \rangle$ das kleinste Element der Zahlenliste $\langle \text{Liste} \rangle$ ist

- (a) linksrekursiv („top down“).
- (b) rechtsrekursiv („bottom up“).

Man vergleiche beide Lösungen bezüglich ihrer Zeitkomplexität.

16. Man schreibe einen Interpreter für Dualzahlen. Eine Dualzahl möge in Form einer Liste von Dualziffern repräsentiert werden. Die Interpretation einer Dualzahl sei ihr Dezimalwert. Der Interpreter ist das Prädikat

- `interpret(Liste,Wert)`

Beispiele: `?- interpret([1,0,1],X).`
`X = 5`

`?- interpret([1,0,2],X).`
`nein`