Prolog

6. Kapitel: Listenprädikate

Dozentin: Wiebke Petersen

Kursgrundlage: Learn Prolog Now (Blackburn, Bos, Striegnitz)

Zusammenfassung Kapitel 5

- Wir haben gesehen, wie wir mit Prolog rechnen können.
- Wir haben arithmetische Vergleichsoperatoren kennengelernt.
- Wir haben gelernt, wie Akkumulatoren in der rekursiven Listenverarbeitung eingesetzt werden können, um effizienter Prädikate zu erhalten.

- **Keywords**: Rechnen in Prolog mit dem Evaluationsoperator `is`, arithmetische Vergleichsoperatoren, Akkumulatoren.
- **Wichtig**: Die rekursive Verarbeitung von Listen mit Akkumulatoren ist eine zentrale Programmiertechnik in Prolog.
- **Vorsicht**: Die arithmetischen Vergleichsoperatoren und der Operator `is` fordern zwingend sofort evaluierbare Terme. Uninstantiierte Terme führen zu einem Abbruch mit Fehlermeldung.
- **Ausblick Kapitel 6**: Weitere Listenprädikate

Basisprädikate zur Listenmanipulation

Vier Prädikate zur rekursiven Listenverarbeitung demonstrieren Basistechniken für beliebig komplexe Operationen auf Listen:

- `member/2` Zugriff auf Listenelemente.
  `member(Element,List)`
- `append/3` Konkatenation von Listen.
  `append(List1,List2,Konkatlist)`
- `delete/3` Löschen/Einfügen in Listen.
  `delete(Element,List,ListDeleted)`
- `reverse/2` Umkehren von Listen.
  `reverse(List,ListReversed)`

Konkatenation von Listen: append/3

```
% append/3
% append(L1,L2,L3)
% L3 is the result of concatenating L1 and L2
% L1 o L2 = L3

append([],L,L).

append([H|T1],L2,[H|T3]) :-
     append(T1,L2,T3).
```

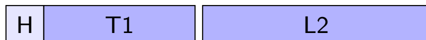
```
?- append([1,2,3],[4,5,6],[1,2,3,4,5,6]).
true.
?- append([1,2,3],[4,5,6],L).
L = [1,2,3,4,5,6].
?- append(L,[4,5,6],[1,2,3,4,5,6]).
L = [1,2,3].
?- append([1,2,3],L,[1,2,3,4,5,6]).
L = [4,5,6].
```

append/3 deklarativ

```
append([],L,L).

append([H|T1],L2,[H|T3]) :-
    append(T1,L2,T3).
```

- Die Konkatenation einer Liste L an die leere Liste liefert L als Ergebnis.
- Wenn die Konkatenation der Listen L1 und L2 die Liste L3 ergibt, dann ergibt die Konkatenation der um ein zusätzliches Kopfelement H erweiterten List L1 mit L2 die um denselben Kopf erweiterte Liste L3.



`[H|T1] o L2 = [H|T3]` wenn `T1 o L2 = T3`

append/3 prozedural

```
append([],L,L).

append([H|T1],L2,[H|T3]) :-
     append(T1,L2,T3).
```

```
?- append([1,2,3],[4,5,6],L).
   Call: (7)  append([1,2,3], [4,5,6],          _G2304) ?
   Call: (8)  append([2,3],   [4,5,6],          _G2392) ?
   Call: (9)  append([3],     [4,5,6],          _G2395) ?
   Call: (10) append([],      [4,5,6],          _G2398) ?
   Exit: (10) append([],      [4,5,6],         [4,5,6]) ?
   Exit: (9)  append([3],     [4,5,6],       [3,4,5,6]) ?
   Exit: (8)  append([2,3],   [4,5,6],     [2,3,4,5,6]) ?
   Exit: (7)  append([1,2,3], [4,5,6],   [1,2,3,4,5,6]) ?
L = [1,2,3,4,5,6] ;
```

Verwendung von append/3

Das Prädikat `append/3` kann

- **testen**, ob eine Liste die Konkatenation von zwei Listen ist: `append(+,+,+)`:
  `append([a,b,c],[x,y,z],[a,b,c,x,y,z]).`
- zwei Listen **konkatenieren**: `append(+,+,-)`:
  `append([a,b,c],[x,y,z],L).`
- Listen **zerlegen**: `append(-,-,+)`, `append(-,+,+)`, `append(+,-,+)`:
  `append(X,Y,[a,b,c]).`
  `append(X,[b,c,d],[a,b,c,d]).`
  `append([a,b],X,[a,b,c,d]).`

Besonderheiten von append/3

Mit dem Prädikat `append/3` können sehr unterschiedliche Funktionen implementiert werden. Dennoch muss man beachten, dass

- bei jedem Aufruf von `append/3` die Liste im ersten Argument komplett abgearbeitet werden muss.
- aufgrund der kompletten Listenabarbeitung Programme mit vielen Aufrufen von `append/3` sehr schnell ineffizient werden können.

Man sollte also bei der Verwendung von `append/3` in rekursiven Prädikaten vorsichtig sein.

▸ Übung

Suffixe, Präfixe und allgemeine Sublisten: prefix/2, suffix/2, sublist/2

Das Prädikat append/3 kann für die Definition von Sublisten eingesetzt werden:

- **Präfixe** der Liste [a,b,c,d]: [], [a], [a,b], [a,b,c], [a,b,c,d]

```
prefix(P,L) :- append(P,_,L).
```

- **Suffixe** der Liste [a,b,c,d]: [], [d], [c,d], [b,c,d], [a,b,c,d]

```
suffix(S,L) :- append(_,S,L).
```

- **Sublisten** der Liste [a,b,c]: [], [a], [a,b], [a,b,c], [b], [b,c], [c]

```
sublist(SL, L) :- prefix(P,L), suffix(SL,P).
```

▸ Übung

Suffixe, Präfixe und allgemeine Sublisten: prefix/2, suffix/2, sublist/2

Das Prädikat append/3 kann für die Definition von Sublisten eingesetzt werden:

- **Präfixe** der Liste [a,b,c,d]: [], [a], [a,b], [a,b,c], [a,b,c,d]

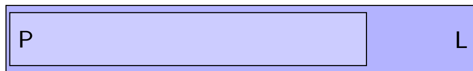
```
prefix(P,L) :- append(P,_,L).
```

- **Suffixe** der Liste [a,b,c,d]: [], [d], [c,d], [b,c,d], [a,b,c,d]

```
suffix(S,L) :- append(_,S,L).
```

- **Sublisten** der Liste [a,b,c]: [], [a], [a,b], [a,b,c], [b], [b,c], [c]

```
sublist(SL, L) :- prefix(P,L), suffix(SL,P).
```



▸ Übung

Suffixe, Präfixe und allgemeine Sublisten: prefix/2, suffix/2, sublist/2

Das Prädikat append/3 kann für die Definition von Sublisten eingesetzt werden:

- **Präfixe** der Liste [a,b,c,d]: [],[a],[a,b],[a,b,c],[a,b,c,d]

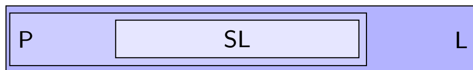
```
prefix(P,L) :- append(P,_,L).
```

- **Suffixe** der Liste [a,b,c,d]: [],[d],[c,d],[b,c,d],[a,b,c,d]

```
suffix(S,L) :- append(_,S,L).
```

- **Sublisten** der Liste [a,b,c]: [],[a],[a,b],[a,b,c],[b],[b,c],[c]

```
sublist(SL, L) :- prefix(P,L), suffix(SL,P).
```



▸ Übung

Löschen eines Elements: delete/3

```
% delete/3
% delete(Term,Liste1,Liste2)
delete(X,[X|T],T).
delete(X,[H|T1],[H|T2]):-
    delete(X,T1,T2).
```

delete/3 setzt einen Term und zwei Listen derart in Beziehung, daß Liste2 das Ergebnis des einmaligen Löschens von Term an einer beliebigen Position in Liste1 repräsentiert.

```
?- delete(b,[a,b,c],[a,c]).
true.
?- delete(c,[a,b,c],X).
X=[a,b]
?- delete(X,[a,b,c,d],[a,b,d]).
X = c
?- delete(1,X,[a,b,c]).
X = [1, a, b, c] ;
X = [a, 1, b, c] ;
X = [a, b, 1, c] ;
X = [a, b, c, 1] .
```

Übung: deleteall/3

Übung: permute/2

Umdrehen von Listen: naiverev/2 (naive Definition)

Zwei Listen sind zueinander **revers**, wenn die eine Liste gleich der anderen ist, wenn man die Reihenfolge der Elemente umdreht.

```
naiverev([],[]).
naiverev([H|T],R) :-
    naiverev(T,RevT),
    append(RevT,[H],R).
```

Deklarative Idee: Die Umkehrung einer nichtleeren Liste [H|T] ergibt sich, indem man an die Umkehrung von T eine Liste mit dem Kopf H als einzigem Element konkateniert.

```
?- naiverev([a,b,c],[c,b,a]).
true.
?-naiverev([1,[2,3]],X).
X=[[2,3],1].
?-naiverev(X,[a,b,c]).
X=[c,b,a].
?-naiverev([],X).
X=[].
```

Warum naives reverse?

Das naive `naiverev/2` wird naiv genannt, weil das zu lösende Problem eigentlich mit linearer Laufzeit gelöst werden könnte.
Das naive `naiverev/2` benötigt jedoch durch den Einsatz von `append/3` kubische Laufzeit.

Betrachte den Trace von `naiverev([a,b,c,d],X)`.

reverse/2 mit Akkumulator

```
% reverse/2
% reverse(Liste,UmgekehrteListe)
reverse(L,RL):- reverse(L,[],RL).

% reverse/3
% reverse(Liste,Akkumulator,UmgekehrteListe)
reverse([],RL,RL).
reverse([H|T],RT,RL):-
    reverse(T,[H|RT],RL).
```

Deklarative Idee:

- Die Elemente der ersten Liste werden nacheinander auf einen neuen Stapel gelegt (den Akkumulator, der als leere Liste startet).
- In jedem Schritt schrumpft die erste Liste und wächst der Akkumulator um ein Element.
- Die Elemente aus der ersten Liste geraten im Akkumulator in umgekehrte Reihenfolge (das erste Element kommt als erstes in den Akkumulator und damit an dessen letzten Platz).
- Wenn die erste Liste leer ist, liefert der Akkumulator das Ergebnis.

reverse/2 prozedural

```
?- reverse([a,b,c,d],X).
   Call: (7)  reverse([a,b,c,d],          _G2273) ?
   Call: (8)  reverse([a,b,c,d],[],       _G2273) ?
   Call: (9)  reverse(  [b,c,d],[a],      _G2273) ?
   Call: (10) reverse(    [c,d],[b,a],    _G2273) ?
   Call: (11) reverse(      [d],[c,b,a],  _G2273) ?
   Call: (12) reverse(       [],[d,c,b,a],_G2273) ?
   Exit: (12) reverse(       [],[d,c,b,a],[d,c,b,a]) ?
   Exit: (11) reverse(      [d],[c,b,a],  [d,c,b,a]) ?
   Exit: (10) reverse(    [c,d],[b,a],    [d,c,b,a]) ?
   Exit: (9)  reverse(  [b,c,d],[a],      [d,c,b,a]) ?
   Exit: (8)  reverse([a,b,c,d],[],       [d,c,b,a]) ?
   Exit: (7)  reverse([a,b,c,d],          [d,c,b,a]) ?
X = [d,c,b,a]
```

▸ Übung

Listenverarbeitung mit Akkumulatorliste

- Tail des Akkumulators steht im Kopf der Regel;
- Zerlegung der Akkumulatorliste erfolgt im rekursiven Aufruf;
- Akkumulatorliste wird mit Rekursion länger.

```
p(...[H|T],TAcc,...):-
    ...,
    p(...,T,[H|TAcc],...),
    ...
```

Differenzlisten

Listen können auch als **Differenzlisten** repräsentiert werden:

- Eine Differenzliste ist ein Paar von Listen (`L1`,`L2`), wobei `L2` ein Suffix von `L1` repräsentiert.
- Die Elemente der Differenzliste sind die nach Abzug von Suffix `L2` verbleibenden Elemente in `L1`.

Differenzliste	gewöhnliche Liste
`([E1,...,En|T],T)`	`[E1,...,En]`
`(L,[])`	`L`
`(L,L)`	`[]`

Beispiel: [1,2,3] als Differenzliste

Für jede gewöhnliche Liste gibt es unendlich viele Darstellungen als Differenzliste:

```
% [1,2,3] als Differenzliste:

([1,2,3],[])
([1,2,3,4],[4])
([1,2,3,4,5],[4,5])
([1,2,3,4,5,6],[4,5,6])
([1,2,3,4,5,6,7],[4,5,6,7])
...
([1,2,3|T],T)
([1,2,3,a|T],[a|T])
([1,2,3,a,b|T],[a,b|T])
...
```

Vorteil von Differenzlisten: Konkatenation in einem Schritt

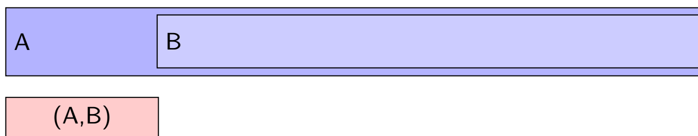
Differenzlisten können in einem Schritt konkateniert werden:

```
% append_dl/3
% append_dl(DiffList1, DiffList2, DiffList3)
append_dl((A,B),(B,C),(A,C)).
```

Vorteil von Differenzlisten: Konkatenation in einem Schritt

Differenzlisten können in einem Schritt konkateniert werden:

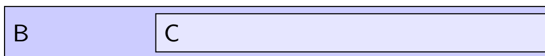
```
% append_dl/3
% append_dl(DiffList1, DiffList2, DiffList3)
append_dl((A,B),(B,C),(A,C)).
```

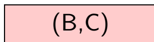


Vorteil von Differenzlisten: Konkatenation in einem Schritt

Differenzlisten können in einem Schritt konkateniert werden:

```
% append_dl/3
% append_dl(DiffList1, DiffList2, DiffList3)
append_dl((A,B),(B,C),(A,C)).
```

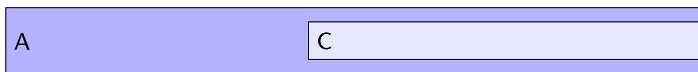


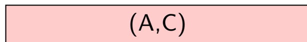


Vorteil von Differenzlisten: Konkatenation in einem Schritt

Differenzlisten können in einem Schritt konkateniert werden:

```
% append_dl/3
% append_dl(DiffList1, DiffList2, DiffList3)
append_dl((A,B),(B,C),(A,C)).
```

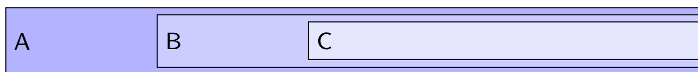




Vorteil von Differenzlisten: Konkatenation in einem Schritt

Differenzlisten können in einem Schritt konkateniert werden:

```
% append_dl/3
% append_dl(DiffList1, DiffList2, DiffList3)
append_dl((A,B),(B,C),(A,C)).
```



(A,B)

(B,C)

(A,C)

Vorteil von Differenzlisten: Konkatenation in einem Schritt

Differenzlisten können in einem Schritt konkateniert werden:

```
% append_dl/3
% append_dl(DiffList1, DiffList2, DiffList3)
append_dl((A,B),(B,C),(A,C)).
```

Vorteil von Differenzlisten: Konkatenation in einem Schritt

Differenzlisten können in einem Schritt konkateniert werden:

```
% append_dl/3
% append_dl(DiffList1, DiffList2, DiffList3)
append_dl((A,B),(B,C),(A,C)).
```

Arbeitsweise von `append_dl/3`:

```
?- D1 = ([1,2,3|T1],T1),
   D2 = ([4,5,6|T2],T2),
   append_dl(D1,D2,D3).
D3 = ([1,2,3,4,5,6|T2],T2)
```

Vorteil von Differenzlisten: Konkatenation in einem Schritt

Differenzlisten können in einem Schritt konkateniert werden:

```
% append_dl/3
% append_dl(DiffList1, DiffList2, DiffList3)
append_dl((A,B),(B,C),(A,C)).
```

Arbeitsweise von append_dl/3:

```
?- D1 = ([1,2,3|T1],T1),
   D2 = ([4,5,6|T2],T2),
   append_dl(D1,D2,D3).
D3 = ([1,2,3,4,5,6|T2],T2)
```

```
?- append_dl(      D1          ,       D2          , D3 ) .
?- append_dl(([1,2,3|T1],T1),([4,5,6|T2],T2), D3 ) .
   append_dl((     A       , B),(     B       , C),(A,C)).

A = [1,2,3|T1]
B = T1 = [4,5,6|T2]
C = T2

=> A = [1,2,3|[4,5,6|T2]] = [1,2,3,4,5,6|T2]
=> D3 = (A,C) = ([1,2,3,4,5,6|T2],T2)
```

Zusammenfassung Kapitel 6

- Wir haben die zentralen Listenprädikate `append/3`, `delete/3` und `reverse/2` kennengelernt.
- Wir haben gelernt, Akkumulatoren für Listenelemente zu verwenden, um effizienter Prädikate zu definieren.
- Wir haben Differenzlisten eingeführt, die die Konkatenation von Listen in einem Schritt ermöglichen.

- **Keywords**: `append/3`, `delete/3`, `reverse/2`, Akkumulatorlisten, Differenzlisten.
- **Wichtig**: Rekursive Prädikatsaufrufe sind ineffizient und sollten auf ein Minimum beschränkt werden (vgl. `naiverev/2` mit `reverse/2` und `append/3` mit `append_dl/3`).
- **Ausblick Kapitel 7**: Definite Clause Grammars (DCG's)

Übung: Grammatik mit append/3

```
% Grammatikregeln:
s(L3):-
     np(L1),
     vp(L2),
     append(L1,L2,L3).
np(L3):-
     det(L1),
     n(L2),
     append(L1,L2,L3).
vp(L3):-
     v(L1),
     np(L2),
     append(L1,L2,L3).
```

```
% Lexikon:

det([eine]).
det([die]).
det([keine]).
n([maus]).
n([katze]).
v([jagt]).
v([klaut]).
```

- Wieviele Sätze können mit dieser Grammatik generiert werden?
- Betrachten Sie die folgende Anfrage im Tracemodus:
  `?- s([keine, katze, klaut, eine, maus]).`
- Fällt ihnen eine Möglichkeit ein, die Prädikate für die Grammatikregeln effizienter zu definieren? (Tipp: Es reicht, die Teilziele umzustellen.)

Übung: Listenprädikate mit append/3

1. Überlegen Sie sich eine alternative Definition für `sublist/2`.
2. Schreiben Sie ein Prädikat `swapfl/2`, das zwei Listen akzeptiert, wenn die eine aus der anderen durch Vertauschen des ersten und des letzten Elements hervorgeht:

```
?- swapfl([a,b,c,d],[d,b,c,a]).
true.
```

   Funktioniert ihr Prädikat für Listen aller Längen? Müssen die Argumente instantiiert sein?

zurück

Übung: deleteall/3

Schreiben Sie ein Prädikat `deleteall/3`, das alle Vorkommen eines Elements aus einer Liste löscht:

```
?- deleteall(b,[a,b,c,d],[a,c,d]).
true.
?- deleteall(1,[1,2,1,2,3,1,2,3,4],[2,2,3,2,3,4]).
true.
?- deleteall(1,[a,b,c],[a,b,c]).
true.
?- deleteall(1,[1,1,1,1],[]).
true.
```

Wie verhält sich ihr Prädikat, wenn sie es mit Variablen an den verschiedenen Argumentpositionen aufrufen?

zurück

Übung: delete_sublist/3

Schreiben Sie ein Prädikat delete_sublist/3, das drei Listen als Argumente nimmt und gelingt, wenn die dritte Liste das Resultat ist, das man erhält, wenn man alle Vorkommen von Elementen der ersten Liste aus der zweiten Liste löscht.

```
?-delete_sublist([a,b],[b,a,c,a,b,d],[c,d]).
true.
?-delete_sublist([],[c,d],[c,d]).
true.
?-delete_sublist([a,b],[],[]).
true.
?-delete_sublist([a,b,c],[a,b,c,d],X).
X=[d].
```

Übung: permute/2 (Zusatzaufgabe)

Schreiben Sie ein Prädikat `permute/2`, das zwei Listen akzeptiert, wenn die eine Liste aus der anderen durch Permutation der Elemente hervorgeht:

```
?- permute([a,b,c,d],[c,d,a,b]).
true.
?- permute([a,b,c],X).
X = [a, b, c] ;
X = [a, c, b] ;
X = [b, a, c] ;
X = [b, c, a] ;
X = [c, b, a] ;
X = [c, a, b] ;
false.
```

zurück

Übung: Palindrome und Wiederholwörter

1. Schreiben Sie ein Prädikat `palindrom/2`, das Palindrome erkennt.
   Ein Wort ist ein Palindrom, wenn es von vorne und von hinten gelesen gleich ist.

```
?- palindrom([a,b,c,b,a]).
true.
```

2. Schreiben Sie ein Prädikat `wiederhol/2`, das Wiederholwörter erkennt.
   Ein Wort ist ein Wiederholwort, wenn es aus genau zwei gleichen Teilen besteht.

```
?- wiederhol([a,b,c,a,b,c]).
true.
```

zurück

Übung: Verflachung von Listen

Schreiben Sie ein Prädikat `flatten/2`, das als Argumente zwei Listen nimmt und gelingt, wenn die zweite Liste die „Verflachung" der ersten Liste ist:

```
?- flatten([a,b,[c,d]],[a,b,c,d]).
true.
?- flatten([[a,[b,[c,d]]]],[a,b,c,d]).
true.
```

Eventuell benötigen Sie das Prädikate `is_list/1`, das gelingt, wenn das Argument eine Liste ist, und das Prädikat `not/1`, das gelingt, wenn das Argument `false` liefert. Sie können das Prädikat `\append/3` verwenden, auch wenn das nicht zu der effektivsten Lösung führt.

Übung: Parser [Zusatzaufgabe]

- Auf der letzten Folie von Foliensatz 4 finden Sie eine Grammatik, mit der Sie Ableitungsbäume auf ihre Wohlgeformtheit testen können.
- Hier im Kapitel 6 haben wir gesehen, wie wir das Prädikat append/3 in einer Grammatik zur Generierung von Sätzen einsetzen können.
- Verbinden Sie beide Ansätze zu einem Parser:
  Ziel ist ein zweistelliges Prädikat s/2, das gelingt, wenn das erste Argument ein grammatischer Satz in Form einer Wortliste ist und das zweite der Ableitungsbaum dieses Satzes:

```
?- s([eine, maus, jagt, viele, katzen],
      s(np(d(eine), n(maus)), vp(v(jagt), np(d(viele), n(katzen))))).
true.
```

Übung: Logikrätsel (1) [Zusatzaufgabe]

Gegeben folgende Situation:

- In einer Straße stehen drei Häuser mit den Hausnummern 1, 2 und 3.
- Es gibt ein rotes, ein blaues und ein grünes Haus.
- In der Straße wohnt ein Engländer, eine Japanerin und eine Spanierin.
- In jedem Hau gibt es ein Haustier: eine Schnecke, ein Jaguar und einen Wolf.
- In dem roten Haus wohnt ein Engländer.
- Die Spanierin hält einen Jaguar.
- Die Japanerin wohnt rechts neben dem Haus, in dem die Schnecke gehalten wird.
- Die Schnecke lebt in dem Haus links vom blauen Haus.

Modellieren Sie diese Situation in Prolog und schreiben Sie ein Prädikat, mit dem sie herausfinden können, wer in welchem Haus, welcher Farbe mit welchem Tier lebt. Gibt es mehr als eine Lösung? Denken Sie sich eine zusätzliche Bedingung aus, so dass die Lösung eindeutig wird.

Tipp: Mithilfe von `permute`/2 können Sie sich potentielle Hausbelegungen erzeugen, die Sie dann daraufhin überprüfen können, ob sie die angegebenen Bedingungen erfüllen.

Übung: Logikrätsel (2) [Zusatzaufgabe]

Anna, Bert, Carla und Dang haben die Plätze 1-4 nebeneinander für einen Überraschungsfilm im Kino reserviert.

- Überlegen Sie sich ein Logikrätsel analog zu dem von der vorherigen Folie, das genau eine Lösung hat.
- Versuchen sie das Rätsel möglichst schwer zu machen, reduzieren sie dazu die Zahl der Hinweise so weit wie möglich.
- Die Tabelle unten gibt die Informationen an, die über die Personen aus ihrem Rätsel geschlossen werden sollen.

Platznummer	1	2	3	4
Name	Anna	Bert	Carla	Dang
Genre	Horror	Liebe	Krimi	Doku
Snack	Popcorn	Chips	Gummibärchen	Reis
Merkmal	Hut	Brille	Mütze	Schal

Bearbeiten Sie auch die Aufgaben der ‘Practical Session’ zu Kapitel 6 aus “Learn Prolog Now!” (Übungssitzung).