

Rekursion



Übersicht

- ◆ Beispiele für Bezug auf sich selber
 - ◆ Babuschkas, Plastikwürfel, Vollständige Induktion, ...
- ◆ Woraus besteht eine rekursive Definition?
- ◆ Rekursion in Prolog
- ◆ Weitere Beispiele

Ziel

- ◆ Verstehen dieses *sehr* wichtigen Konzepts
- ◆ Einfache Rekursionen in Prolog programmieren können
- ◆ Nicht abschrecken lassen!

Beispiele für Rekursion



In den verschiedensten Zusammenhängen gibt es Rückbezug auf sich selber (= Rekursion):

- ◆ Zerlegen russischer Babuschkas
- ◆ Mit ineinandergeschachtelten Plastik-Würfeln spielen
- ◆ Was sind »Nachkommen« und »Vorfahren«?
- ◆ Vollständige Induktion
- ◆ Fakultät

Bestandteile

Eine rekursive Definition ist oft zweigeteilt:

- ◆ Abbruchbedingung
- ◆ Rückbezug auf Definition (»rekursiver Fall«)

Mit Babuschka spielen:

Die innerste Puppe kann nicht zerlegt werden.

Abbruchbedingung

Öffne die Puppe, lege Teile auf die Seite, spiele mit der enthaltenen Puppe weiter.

Rekursiver Fall

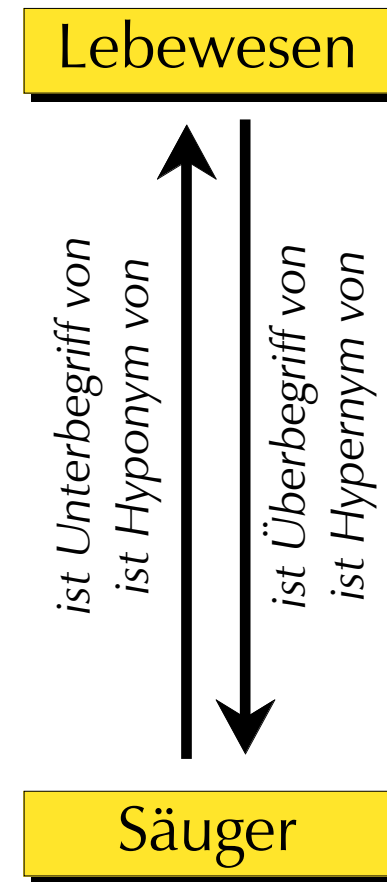
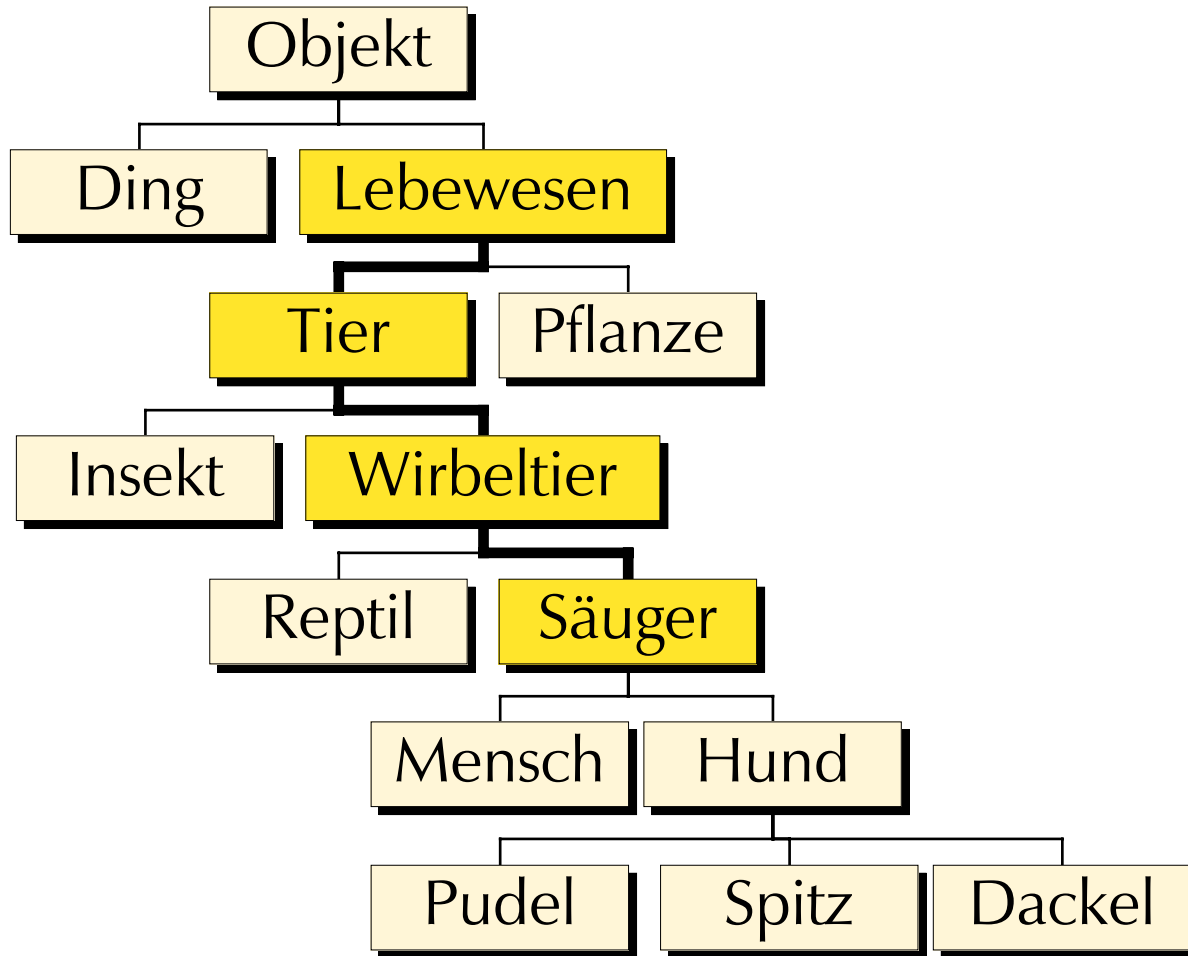
Bestandteile



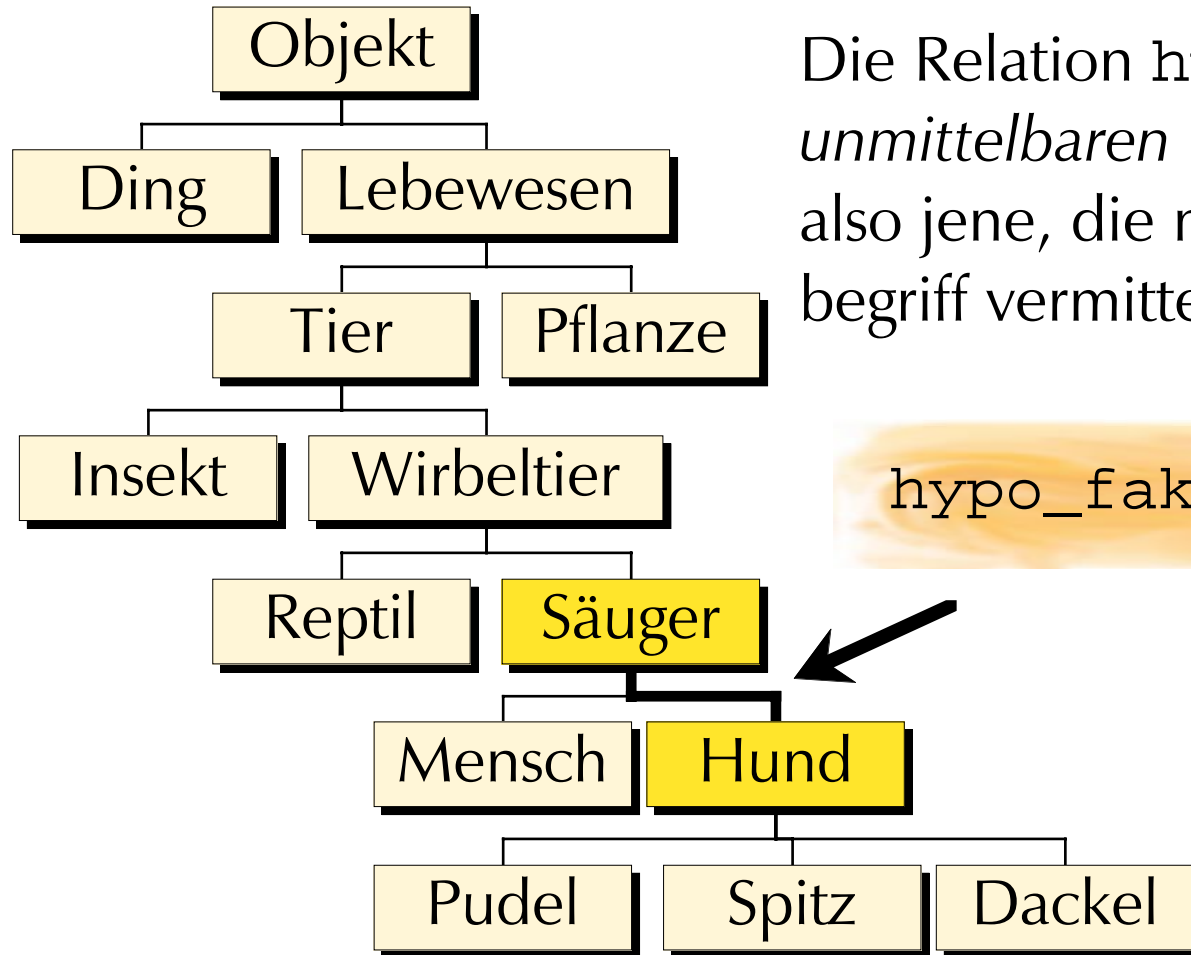
Bestandteile bei anderen Beispielen:

- ◆ Mit ineinandergeschachtelten Plastik-Würfeln spielen
 - ◆ *Abbruchbedingung*: Anhalten beim innersten Würfel
 - ◆ *rekursiver Fall*: Wegnehmen eines äusseren Würfels
- ◆ Vollständige Induktion
 - ◆ *Abbruchbedingung*: Induktions-Verankerung
 - ◆ *rekursiver Fall*: Induktions-Schritt
- ◆ Fakultät
 - ◆ *Abbruchbedingung*: $0! = 1$
 - ◆ *rekursiver Fall*: $n! = n \cdot (n - 1)!$

Über-/Unterbegriffshierarchie



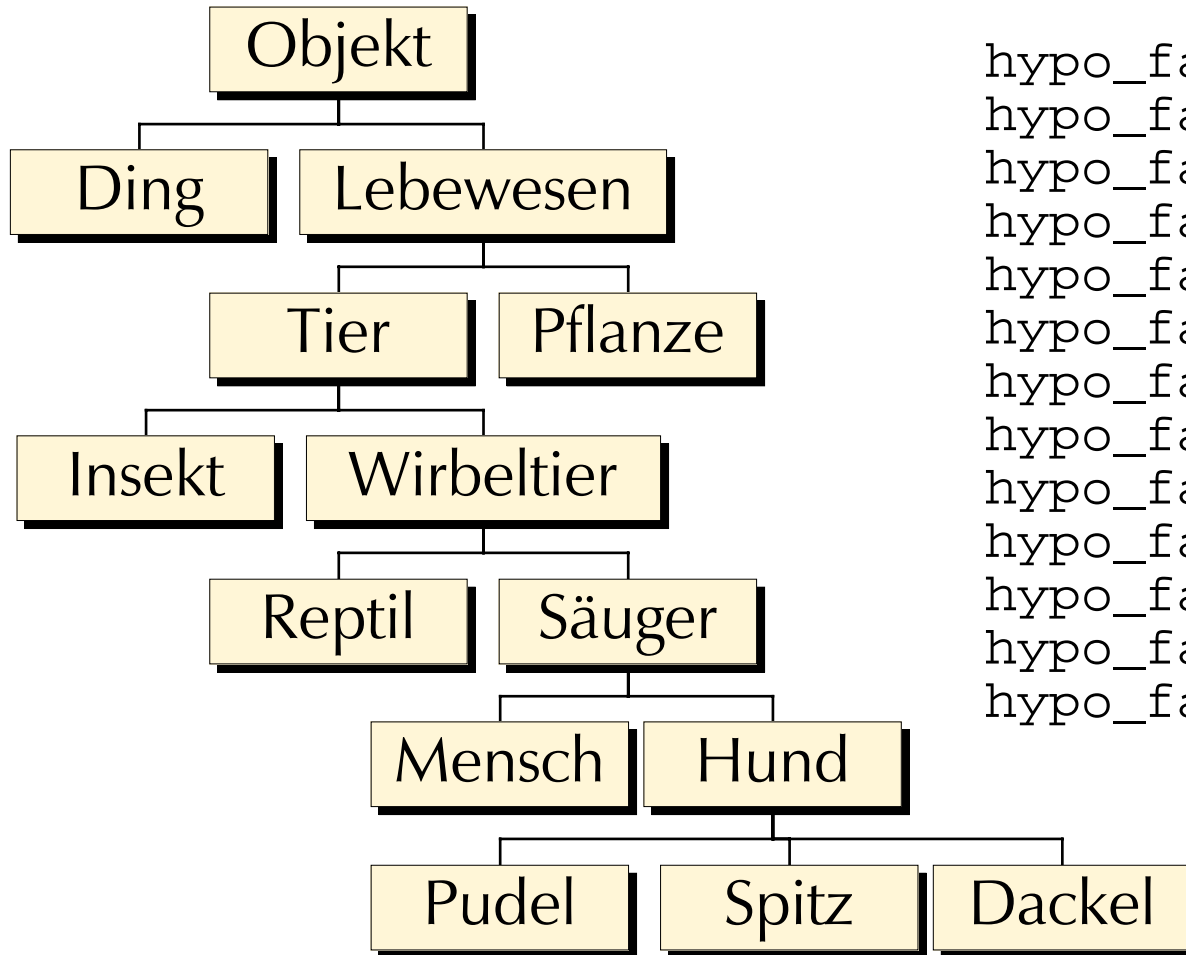
Unmittelbare Beziehung



Die Relation `hypo_fakt / 2` enthält alle *unmittelbaren* Hyponymbeziehungen — also jene, die nicht über einen Zwischenbegriff vermittelt werden.

`hypo_fakt(hund, saeuger)`.

hypo_fakt / 2



```
hypo_fakt(ding, objekt).  
hypo_fakt(lebewesen, objekt).  
hypo_fakt(tier, lebewesen).  
hypo_fakt(pflanze, lebewesen).  
hypo_fakt(insekt, tier).  
hypo_fakt(wirbeltier, tier).  
hypo_fakt(reptil, wirbeltier).  
hypo_fakt(saeuger, wirbeltier).  
hypo_fakt(mensch, saeuger).  
hypo_fakt(hund, saeuger).  
hypo_fakt(pudel, hund).  
hypo_fakt(spitz, hund).  
hypo_fakt(dackel, hund).
```

Transitivität

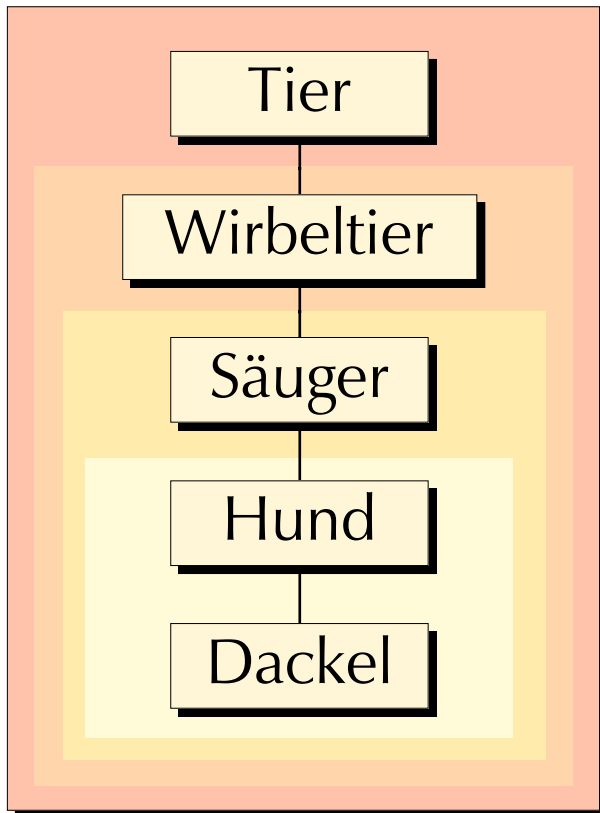
Wie kann man eine Relation `hypo/2` implementieren, die auch die Transitivität der Hyponymie ausdrückt?

- ▶ **Transitive Relation:** Wenn $\text{Rel}(a, b)$ und $\text{Rel}(b, c)$, dann $\text{Rel}(a, c)$.
- ▶ **Beispiel:** Wenn a vor b steht, und b steht vor c , dann steht auch a vor c .
- ▶ **Für Hyponymie:** Wenn a Unterbegriff von b ist, und b ist Unterbegriff von c , dann ist auch a Unterbegriff von c .

Anders gesagt:

- ◆ Wie kommen wir zu `hypo(dackel, tier)`, ohne alle diese Verhältnisse einzeln aufzählen zu müssen?

hypo1, hypo2, hypo3, ...



```
hypo1(X, Y) :-  
    hypo_fakt(X, Y).
```

```
hypo1(X, Y) :-  
    hypo_fakt(X, Y).
```

```
hypo2(X, Y) :-  
    hypo_fakt(X, A),  
    hypo_fakt(A, Y).
```

```
hypo2(X, Y) :-  
    hypo_fakt(X, A),  
    hypo1(A, Y).
```

```
hypo3(X, Y) :-  
    hypo_fakt(X, A),  
    hypo_fakt(A, B),  
    hypo_fakt(B, Y).
```

```
hypo3(X, Y) :-  
    hypo_fakt(X, A),  
    hypo2(A, Y).
```

```
hypo4(X, Y) :-  
    hypo_fakt(X, A),  
    hypo_fakt(A, B),  
    hypo_fakt(B, C),  
    hypo_fakt(C, Y).
```

```
hypo4(X, Y) :-  
    hypo_fakt(X, A),  
    hypo3(A, Y).
```

hypo

Die Relationen hypo1, ..., hypo4 sind Instanzen eines allgemeineren Schemas hypo:

```
hypo1(X, Y) :-  
  hypo_fakt(X, Y).
```



```
hypo(X, Y) :-  
  hypo_fakt(X, Y).
```

```
hypo2(X, Y) :-  
  hypo_fakt(X, A),  
  hypo1(A, Y).
```



```
hypo3(X, Y) :-  
  hypo_fakt(X, A),  
  hypo2(A, Y).
```



```
hypo4(X, Y) :-  
  hypo_fakt(X, A),  
  hypo3(A, Y).
```

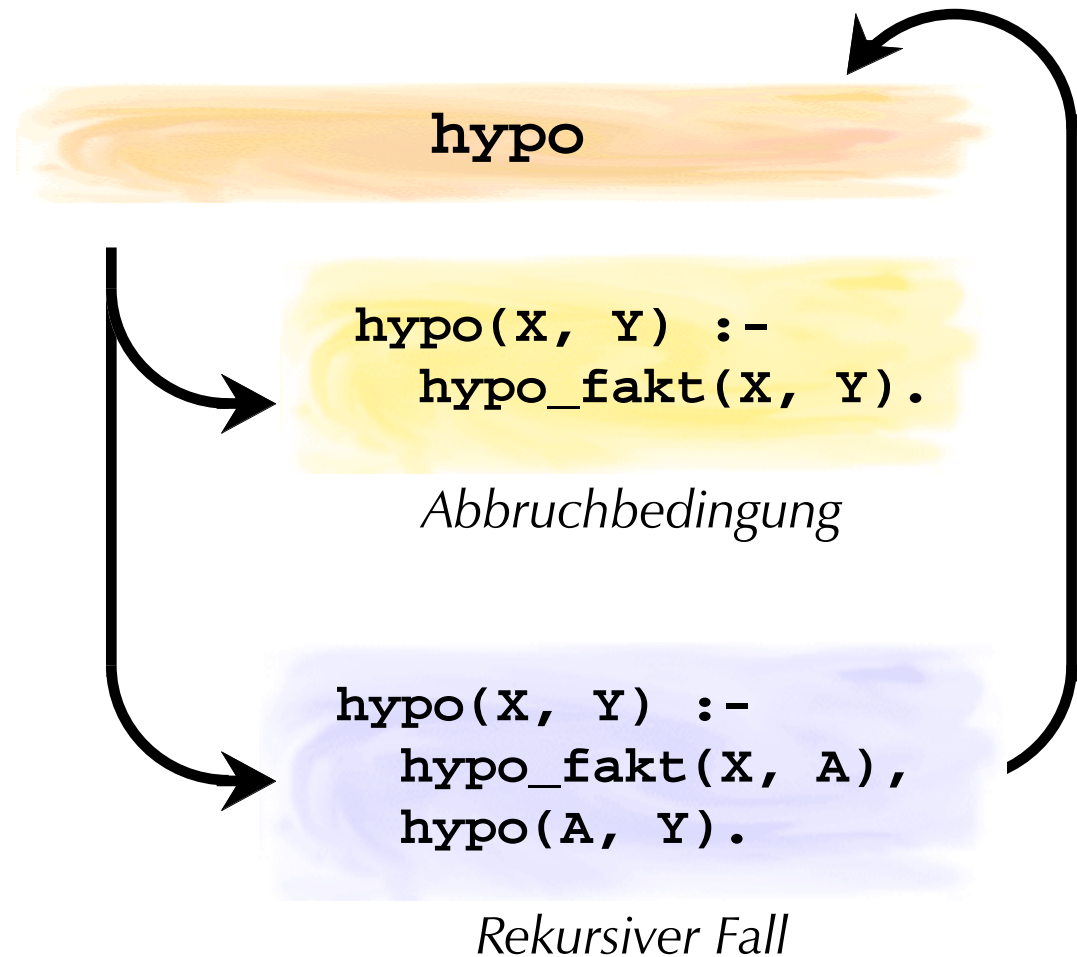


```
hypo(X, Y) :-  
  hypo_fakt(X, A),  
  hypo(A, Y).
```

Bestandteile von hypo

Auch die rekursive Definition von hypo ist zweigeteilt:

- ◆ Abbruchbedingung
- ◆ Rückbezug auf Definition (»rekursiver Fall«)



Aufgaben: Rekursion

Programmiertechniken der Computerlinguistik 1 · Wintersemester 1998/99

1. Transitivität

Überlege Dir einige Beispiele für transitive Relationen. In der Vorlesung wurden bereits die Relationen »a steht vor b« und »a ist Unterbegriff von b« genannt.

2. Ist Dein Alltag rekursiv?

Suche nach weiteren Beispielen für Rekursionen. Was ist die Abbruchbedingung? Was der rekursive Fall?

3. Patriarchat

Familie Meier pflegt trotz aller gesellschaftlicher Veränderungen noch das traditionelle Gedankengut, welches bekanntlich durchaus gewisse patriarchale Züge trägt. Deshalb seien nachfolgend nur die männlichen Vorfahren genannt, während die Frauen nicht interessieren und entsprechend schmähsch ignoriert werden.

Kevin ist der Sohn von Hans. Hans ist der Sohn von Willibald. Willibald ist der Sohn von Hermann. Hermann ist der Sohn von Gottfried. Gottfried ist der Sohn von Albrecht.

- Formuliere eine Menge von Prolog-Fakten (als `father/2`), welche die obigen Familienverhältnisse repräsentieren.
- Schreibe je eine Prolog-Regel für Grossvater, für Urgrossvater und für Ur-Urgrossvater. Diese Regeln sollten nur `father/2` aus Teil a) benutzen: Der Urgrossvater ist also der Vater des Vaters des Vaters.
- Schreibe eine neue Prolog-Regel für Urgrossvater, wonach der Urgrossvater der Grossvater des Vaters ist. Dasselbe für Ur-Urgrossvater.
- Schreibe Prolog-Regeln für `vorfahr/2`, d.h. eine rekursive Version des obigen. Gib an, welches die Abbruchbedingung und welches der rekursive Fall ist.
- Probiere diese Regeln auf Deinem Prolog-Interpreter aus, indem Du passende Anfragen stellst. Beispiel: Wer ist der Grossvater von Willibald? Wer W.s Grosskind?

Du darfst selbstverständlich auch eine matriachale Familie implementieren, z.B. mit Sabrina, Klara, Martha, Hermelinde und Agatha.

4. Tiere im Bahnhof

Im Zürcher Hauptbahnhof gibt es Tiere in leuchtend rekursiver Umgebung. Finde sie!