

### Substitution:

- Ersetzen von Variablen durch andere Variablen oder andere Formen von Termen (Konstanten, Strukturen, ...)
- Abbildung, die jedem Term eindeutig einen neuen Term zuordnet, wobei sich der neue vom alten Term nur durch die Ersetzung von Variablen unterscheidet.

- Notation:

$$U = \{\text{Nachname} / \text{mueller}, \text{MM} / 11\}$$

- Die Substitution U verändert nur die Variablen **Nachname** und **MM**, alles andere bleibt unverändert!
- $$U(\text{person}(\text{fritz}, \text{Nachname}, \text{datum}(27, 11, 2007))) = \text{person}(\text{fritz}, \text{mueller}, \text{datum}(27, 11, 2007))$$

- Unifikator:

- Substitution, die zwei Terme „gleichmacht“.
- z.B., Anwendung der Substitution  $U = \{ \text{Nachname}/\text{mueller}, \text{MM}/11 \}$  :

$$\begin{aligned} &U(\text{person}(\text{fritz}, \text{Nachname}, \text{datum}(27, 11, 2007))) \\ &= U(\text{person}(\text{fritz}, \text{mueller}, \text{datum}(27, \text{MM}, 2007))) \end{aligned}$$

- allgemeinster Unifikator:

- Unifikator, der möglichst viele Variablen unverändert lässt.
- Beispiel:  $\text{datum}(\text{TT}, \text{MM}, 2007)$  und  $\text{datum}(\text{T}, 11, \text{J})$

- $U_1 = \{ \text{TT}/27, \text{T}/27, \text{MM}/11, \text{J}/2007 \}$  

- $U_2 = \{ \text{TT}/\text{T}, \text{MM}/11, \text{J}/2007 \}$  

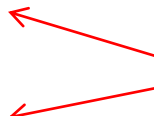
- Das Prolog-System sucht immer einen allgemeinsten Unifikator.

## Unifikation (3) - Berechnung eines allgemeinsten Unifikators

Eingabe: zwei Terme  $T_1$  und  $T_2$  (im allgemeinen mit ggfs. gemeinsamen Variablen)

Ausgabe: ein allgemeinster Unifikator  $U$  für  $T_1$  und  $T_2$ ,  
falls  $T_1$  und  $T_2$  unifizierbar sind, ansonsten Fehlschlag

Methode:

1. Wenn  $T_1$  und  $T_2$  gleiche Konstanten oder Variablen sind,  
dann ist  $U = \emptyset$
  2. Wenn  $T_1$  eine Variable ist, die nicht in  $T_2$  vorkommt,  
dann ist  $U = \{T_1 / T_2\}$
  3. Wenn  $T_2$  eine Variable ist, die nicht in  $T_1$  vorkommt,  
dann ist  $U = \{T_2 / T_1\}$
- „occurs check“
- 

### Methode (Forts.):

4. Falls  $T_1 = f(T_{11}, \dots, T_{1n})$  und  $T_2 = f(T_{21}, \dots, T_{2n})$  Strukturen mit dem gleichen Funktor und der gleichen Anzahl von Komponenten sind, dann
  1. Finde einen allgemeinsten Unifikator  $U_1$  für  $T_{11}$  und  $T_{21}$
  2. Finde einen allgemeinsten Unifikator  $U_2$  für  $U_1(T_{12})$  und  $U_1(T_{22})$
  - ...
  - n. Finde einen allgemeinsten Unifikator  $U_n$  für  
 $U_{n-1}(\dots(U_1(T_{1n})\dots))$  und  $U_{n-1}(\dots(U_1(T_{2n}))\dots)$

Falls alle diese Unifikatoren existieren, dann ist

$$U = U_n \circ U_{n-1} \circ \dots \circ U_1 \quad (\text{Komposition der Unifikatoren})$$

5. Sonst:  $T_1$  und  $T_2$  sind nicht unifizierbar.

`datum(1, 4, 1985) = datum(1, 4, Jahr) ?`

Strukturen mit gleichem Funktor, gleicher Anzahl von Komponenten, also:

1. Finde einen allgemeinsten Unifikator  $U_1$  für **1** und **1**  
 $\Rightarrow$  gleiche Konstanten, daher  $U_1 = \emptyset$
2. Finde einen allgemeinsten Unifikator  $U_2$  für  $U_1(\mathbf{4})$  und  $U_1(\mathbf{4})$   
 $\Rightarrow$  gleiche Konstanten, daher  $U_2 = \emptyset$
3. Finde einen allgemeinsten Unifikator  $U_3$  für  $U_2(U_1(\mathbf{1985}))$  und  $U_2(U_1(\mathbf{Jahr}))$   
 $\Rightarrow$  Konstante vs. Variable, daher  $U_3 = \{\mathbf{Jahr} / \mathbf{1985}\}$

Ein allgemeinster Unifikator insgesamt ist:

$$U = U_3 \circ U_2 \circ U_1 = \{\mathbf{Jahr} / \mathbf{1985}\}$$

`loves(marcellus, mia) = loves(X, X) ?`

Strukturen mit gleichem Funktor, gleicher Anzahl von Komponenten, also:

1. Finde einen allgemeinsten Unifikator  $U_1$  für `marcellus` und `X`  
 $\Rightarrow$  Konstante vs. Variable, daher  $U_1 = \{X / \text{marcellus}\}$
2. Finde einen allgemeinsten Unifikator  $U_2$  für  $U_1(\text{mia})$  und  $U_1(X)$   
 $\Rightarrow$  **verschiedene** Konstanten, daher existiert  $U_2$  nicht!

Folglich existiert auch kein Unifikator für die Ausgangsterme!

$$d(\mathbf{E}, g(\mathbf{H}, \mathbf{J})) = d(\mathbf{F}, g(\mathbf{H}, \mathbf{E})) \quad ?$$

Strukturen mit gleichem Funktor, gleicher Anzahl von Komponenten, also:

1. Finde einen allgemeinsten Unifikator  $U_1$  für  $\mathbf{E}$  und  $\mathbf{F}$   
 $\Rightarrow$  verschiedene Variablen, daher  $U_1 = \{\mathbf{E}/\mathbf{F}\}$
2. Finde einen allgemeinsten Unifikator  $U_2$  für  $U_1(g(\mathbf{H}, \mathbf{J}))$  und  $U_1(g(\mathbf{H}, \mathbf{E}))$

$$g(\mathbf{H}, \mathbf{J}) = g(\mathbf{H}, \mathbf{F}) \quad ?$$

$\Rightarrow$  Strukturen mit gleichem Funktor, gleicher Anzahl von Komponenten, also:

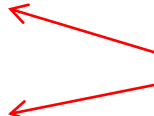
- Finde einen allgemeinsten Unifikator  $U_{21}$  für  $\mathbf{H}$  und  $\mathbf{H}$   
 $\Rightarrow$  gleiche Variablen, daher  $U_{21} = \emptyset$
- Finde einen allgemeinsten Unifikator  $U_{22}$  für  $U_{21}(\mathbf{J})$  und  $U_{21}(\mathbf{F})$   
 $\Rightarrow$  verschiedene Variablen, daher  $U_{22} = \{\mathbf{F}/\mathbf{J}\}$

$$U_2 = U_{22} \circ U_{21} = \{\mathbf{F}/\mathbf{J}\}$$

Ein allgemeinster Unifikator insgesamt ist:

$$U = U_2 \circ U_1 = \{\mathbf{E}/\mathbf{J}, \mathbf{F}/\mathbf{J}\}$$

Zur Erinnerung:

2. Wenn  $T_1$  eine Variable ist, die nicht in  $T_2$  vorkommt,  
dann ist  $U = \{T_1 / T_2\}$
  3. Wenn  $T_2$  eine Variable ist, die nicht in  $T_1$  vorkommt,  
dann ist  $U = \{T_2 / T_1\}$
- 
- „occurs check“

Also zum Beispiel:

$$x = q(x) \quad ?$$

$\Rightarrow$  Es existiert kein Unifikator.

In Prolog wird diese Überprüfung jedoch standardmäßig nicht durchgeführt!



Ohne „occurs check“:

$$p(x) = p(q(x)) ?$$

Strukturen mit gleichem Funktor, gleicher Anzahl von Komponenten, also:

1. Finde einen allgemeinsten Unifikator  $U_1$  für  $x$  und  $q(x)$   
 $\Rightarrow$  Variable vs. Term, daher  $U_1 = \{x/q(x)\}$

$$U = U_1 = \{x/q(x)\} !$$

Obwohl es ja eigentlich nicht stimmt, dass  $U(p(x))$  und  $U(p(q(x)))$  gleich sind!