University of Bielefeld

Semantik

Beispiele:

- Prädikatskonstanten (Student, verheiratet, arbeitet): Typ <e,t>; sie nehmen einen Eigennamen/ein Referenzobjekt und liefern einen Satz/einen Wahrheitswert ab.
- Zweistellige Relationskonstanten (kennt, größer als): Typ <e,<e,t>; sie nehmen zwei Ausdrücke vom Typ e und liefern einen Ausdruck vom Typ t.
- Satzoperatoren (gestern, immer): Typ <t,t>.
- Adjektive (als Prädikatsmodifikatoren): Typ <<e,t>,<e,t>>; sie nehmen ein Prädikat und bilden ein modifiziertes Prädikat.
- Gradmodifikatoren (sehr, ziemlich): Typ <<<e,t>,<e,t>>, <<e,t>,<e,t>>>; sie nehmen einen Prädikatsmodifikator (z.B. gut) und bilden mit ihm einen neuen (z.B. sehr gut).
- Präpositionen: unter anderem Typ <e,<e,t>>; eine Präposition wie „in“ nimmt einen Ausdruck vom Typ e (z.B. Hamburg) und ergibt einen Satzmodifikator (in(Hamburg)).
- Prädikatenprädikate: Typ <<e,t>,t>;Ausdrücke, die ein Prädikat nehmen und einen Satz bilden (wichtig für die typtheoretische Analyse) .

University of Bielefeld

Semantik

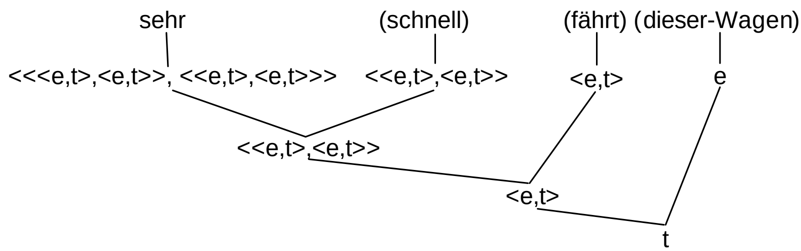
- Die Sprache der Typtheorie sieht für jeden Typ eine Menge nicht-logischer Konstanten vor.
- Es gibt n. Def. Eine unendliche Menge beliebig komplexer Typen.
- Für natürliche Sprache ist aber nur eine bestimmte Menge realistisch, komplexere Typen als <<<e,t>,<e,t>>, <<e,t>,<e,t>>> kommen kaum vor.
- Interessant sind die Modifikatoren, bei denen Argument und Resultat identisch sind und die Prädikate, die als Resultattyp t haben.
- Für komplexe Ausdrücke der Typtheorie gelten die gleichen Wohlgeformtheitsbedingungen wie für die PL. Eine zusätzliche Regel ergibt sich aus der Grundidee der Typklassifikation:

Regel der funktionalen Applikation

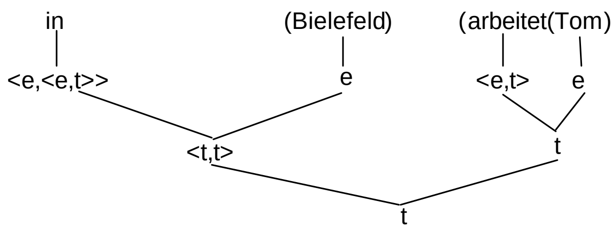
Wenn ein A ein Ausdruck des Typs $\langle s, t \rangle$ und B ein Ausdruck des Typs s ist, so ist A(B) ein Ausdruck des Typs t.

Semantik

Dieser Wagen fährt sehr schnell.



Tom arbeitet in Bielefeld.



Semantik

- Funktionale Applikation vereinfacht Typen für komplexere Ausdrücke.
- Unterschiede zwischen Wohlgeformtheit der Typenlogik zu PL:
  - Identitätsrelation verknüpft beliebige Ausdrücke identischen Typs. Z.B. Äquivalenzbeziehung zwischen Sätzen A und B (Typ t): A=B
  - Die Quantoren binden Variablen beliebigen Typs.

Tom hat nur nette Seiten.

$$\forall F(Tom) \leftrightarrow (nette-Seiten(F)), mit$$

$$F \in Var_{<e,t>} \quad \text{und} \quad nette-Seiten \in Con_{<<e,t>,t>}$$

University of Bielefeld

Semantik

Denotationelle Semantik der Typenlogik

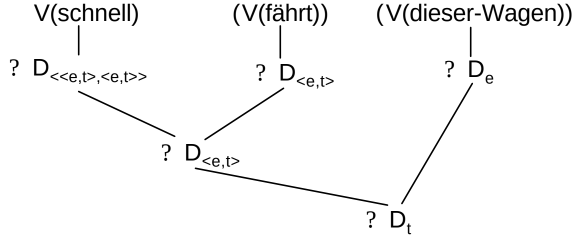
- Denotatbereich für Typ e ist Universum U.
- Denotatbereich für Typ t ist {0,1}.
- Typ <s, t> nimmt Denotate vom Typ s und liefert Denotate vom Typ t.
  - Das mögliche Denotat eines Ausdrucks <s, t> ist eine Abbildung von der Menge möglicher Denotate des Typs s in die Menge möglicher Denotate des Typs t.
- Beispiele:
  - Ein geeignetes Denotat für ein einstelliges Prädikat ist eine Abbildung von U nach {0,1}.
  - Die Menge der möglichen Denotate für Typ <e,t> ist die Menge der Abbildungen von D_e=U nach D_t={0,1}.
  - Denotate für Prädikatsmodifikatoren sind Abbildungen von D<e,t> nach D<e,t> (schnell nimmt etwa ein Prädikatsdenotat, etwa die Menge der Autos, und bildet eine neun Menge der schnellen Autos.

University of Bielefeld

Semantik

Modellstruktur der Typenlogik ist ein Tripel M=<U,V,D> mit
- U sei ein nicht leeres Universum.
- D sei eine Familie von Mengen möglicher Denotate mit:
  - D_t={0,1}
  - D_e=U
  - $D_{<s,\,t>}=D_t^{Ds}$
- Einer Wertzuweisungsfunktion V, die jeder Konstante vom Typ t eine Element von D_t zuweist.

Dieser Wagen fährt schnell.



Semantik

Kompositionalitätsproblem

- Semantische Satzbedeutung ist nicht a priori gegeben (wie in unseren Beispielen).
- Wie kann die Semantik auf Basis der kompositionellen syntaktischen Struktur ermittelt werden?

Tom arbeitet. arbeitet(Tom)
Jemand arbeitet. ? x arbeitet(x)

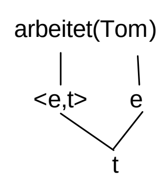
Jeder Student arbeitet. ? x(student(x) ? work(x))
Kein Student arbeitet. ¬? x(student(x) ? arbeitet(x))

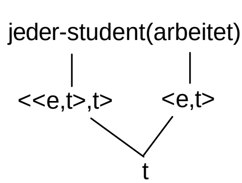
Alle Beispiel bestehen aus einer Subjekt-NP mit transitivem Verb!

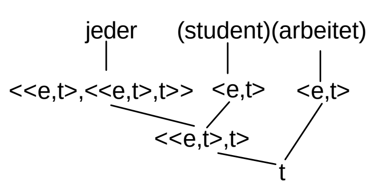
Semantik

Kompositionalitätsproblem und Typenlogik

- Die Überführung des 1. Beispielsatzes ist direkt möglich.
- Für die folgenden Sätze gilt diese Zerlegung nicht.
- Mit Hilfe der Typenlogik wird aber den entsprechenden Satzkonstituenten verschiedene Typen in der Typenlogik zugewiesen.
- jeder-student ist nicht vom Typ e (Entität)!
  Es wird kein Individuum denotiert!
- In der Typenlogik kann man die Formeln als Funktor-Argument-Beziehung anderer Arten auffassen.







Semantik

- Typenlogik erlaubt die Definition von Quantoren als direkte Relationen zwischen Prädikaten.
- ➢ Somit sind grammatikalische Konstituenten direkt als semantische Objekte repräsentierbar.
- ➢ Gleiche grammatikalische Elemente werden durch strukturgleiche semantische Repräsentationen darstellbar.

- Wo ist nun der Bezug zu den Standardquantoren der PL?
- Wo ist die Motivation für ein logisches Kalkül mit Deduktion?
- Um das Standardinventar der PL-Repräsentation mit verallgemeinerter Quantorenrepräsentation zu verbinden wird ein weitere Abstraktionsschritt benötigt:

?-Abstraktion

Semantik

?-Abstraktion

- ?-Operator bindet als logische Konstante Variablen (s. Quantoren).
- ?-Operator erzeugt einen Funktor aus einem komplexen Ausdruck (der Typenlogik), indem gebundene Variablen als Argumentposition deklariert wird.
- ?-Operator trennt die Funktion vom Funktionsbezeichner.

?x(integer(x) ? x>0)(2)

- ?-Ausdrücke können Variablen v eines Typs s in wohlgeformten Ausdrücken A eines Typs t binden. ?vA ist vom Typ < s, t>.
- Funktionale Applikation von ?vA und Ausdrücken vom Typ s ergibt einen Ausdruck ?vA(B).