Übersicht

R. Montague: »English as a Formal Language«
Vortrag von Sascha Brawer · 18. Januar 1995

– Syntax

Lexikon · Grammatikregeln

– Semantik

Semantische Kategorien · Denonationsfunktionen
Variablenbindung · Bedeutungspostulate
Semantische Operationen · Modell- und Wahrheitsbegriff

– Unterschiede zur PTQ-Modellierung

Lexikon

Es gibt 9 Basiskategorien: $B_0, \ldots, B_8$

Kat.	**Elemente**	**Beispiele**
B_0	Eigennamen · Variablen	John · Mary, · v_0 · v_{314}
B_1	lexikalisierte Sätze	it rains
B_2	Intransitive Verben	walks
B_3	Transitive Verben	loves · cuts · is
B_4	Substantiva	woman · man
B_5	Satz-Modifier	not · necessarily v_0 believes that
B_6	Adverbien (intrans. Verben)	rapidly
B_7	Adverbien (trans. Verben)	rapidly
B_8	Referentielle Adjektive	red · between v_0 and v_1

Grammatikregeln

Zu jedem Basistyp B_n gibt es eine komplexe Kategorie C_n, welche die syntaktisch zulässigen Konstruktionen enthält. Die Syntax des Englischfragments ist mittels 17 Regeln induktiv definiert, allerdings auf recht komplizierte Weise.

Wie im PTQ-Modell ergeben sich Ambiguitäten durch die unterschiedliche Reihenfolge der Regelanwendungen.

Regel	**Behandelte Konstruktion [eigene Notation]**	
S1	*S → Lexical-S · VP → IV ·…*	
S2	S → *NP VP*	
S3	*VP → TV NP · VP → IV*	
S4	*S → S-modifier S*	
S5	*IV → IV IV-adv*	
S6	*TV → TV TV-adv*	
S7	*N → Adj N* *N → N Adj*	für 1-Wort-Adjektive *(red)* für Mehrwort-»Adjektive« *(in* v_0*)*
S8 + *S12*	*PN → Var* *Var → Var*	
S9 + *S13*	every	*(every tall woman sees that woman)*
S10 + *S14*	a/an	*(a tall woman sees that woman)*
S11 + *S15*	the	*(the tall woman sees that woman)*
S16	Relativsätze	
S17	Prädikative Adjektive	

Anders als PTQ besitzt EFL keine kategoriale Syntax, sondern im Prinzip größtenteils phrasenstruktur-artige Regeln, die jedoch völlig anders definiert sind.

Semantische Kategorien

Zu jeder der neun syntaktischen Kategorien gibt es eine semantische Kategorie $U_{0,A,I}, \ldots, U_{8,A,I}$ (kurz U_1 etc.)

i	**Beispiel für B_i**	U_i	**Typ des Bsp. in PTQ**
0	Mary	A	e
1	it rains	$I \to \{0, 1\}$	t
2	walks	$U_0 \to U_1$	$\langle e, t\rangle$
3	cuts	$(U_0 \times U_0) \to U_1$	$\langle e, \langle e, t\rangle\rangle$
4	woman	$U_0 \to U_1$	$\langle e, t\rangle$
5	not	$U_1 \to U_1$	$\langle t, t\rangle$
6	rapidly	$U_2 \to U_2$	$\langle\langle e, t\rangle, \langle e, t\rangle\rangle$
7	rapidly	$U_3 \to U_3$	$\langle\langle e, \langle e, t\rangle\rangle, \langle e, \langle e, t\rangle\rangle\rangle$
8	red	$U_4 \to U_4$	$\langle\langle e, t\rangle, \langle e, t\rangle\rangle$

Unterschiede zu PTQ:

– kein λ-Kalkül
  $\Rightarrow$ statt beliebig vieler Typen nur 9 verschiedene syntakt./semant. unterschiedliche Kategorien

– In PTQ wird durch die *Interpretationsfunktion* jeder nichtlog. Konstanten vom Typ τ ein Wert aus $D_{\langle s, \tau\rangle} = (W \times T) \to D_\tau$ zugewiesen.
  Dagegen spielen in EFL die möglichen Welten ausschließlich bei U_1 eine Rolle:
  Das Denotat eines Satzes ist eine Proposition aus $I \to \{0, 1\}$

– PTQ arbeitet ausschließlich mit einstelligen Funktionen, vgl. dagegen aber oben U_3.

Denotationsfunktionen

Folgen

Eine Funktion mit den natürlichen Zahlen als Definitionsbereich $f\colon \mathbb{N} \to A$ heißt Folge.

Beispiel: $f\colon \mathbb{N} \to \{\text{john, mary}\}$

0	mary
1	mary
2	john
…	…

Denonationsfunktionen

Einem Ausdruck wird nicht sein Denotat zugewiesen, sondern eine Funktion von Folgen von Individuen in Denotate.

$G_0\colon\ B_0 \to ((\mathbb{N} \to A) \to U_0)$

$\ldots$

$G_8\colon\ B_8 \to ((\mathbb{N} \to A) \to U_8)$

Beispiel: $G_0(\ulcorner\text{john}\urcorner) =$

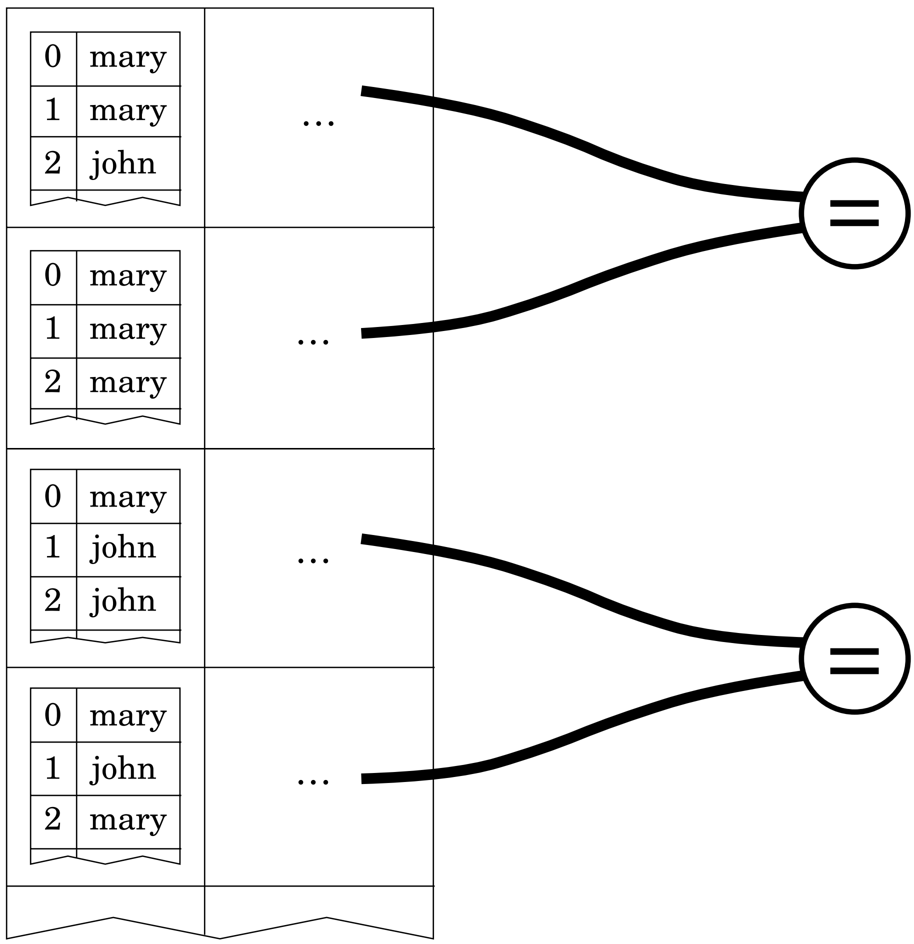
0 mary 1 mary 2 john …	mary
0 mary 1 mary 2 mary …	john
…	…

Variablenbindung 1

Das Ergebnis der Denotationsfunktion muß für gleiche Variablenindizes eindeutig bestimmt sein.

Zum Beispiel ist $G_6(\ulcorner$between v_0 and $v_1\urcorner)$ eine Funktion von Individuenfolgen nach U_6. Das Ergebnis dieser Funktion ist für alle Folgen gleich, die an den Stellen 0 und 1 dasselbe liefern.

$G_6(\ulcorner$between v_0 and $v_1\urcorner) =$



Variablenbindung 2

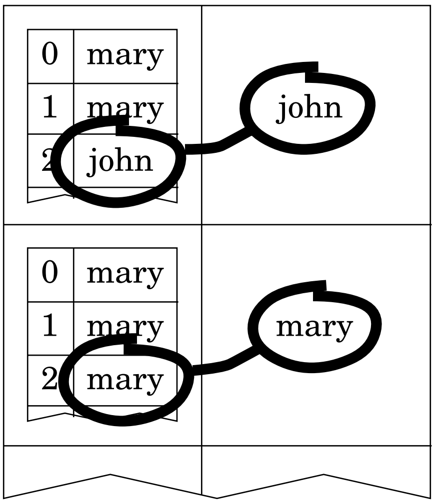
Denotationsfunktion für freie Variablen

$G_0(v_n)$ ist jene Funktion f: $\mathbb{N} \rightarrow A$,

bei der für alle $x \in (\mathbb{N} \rightarrow A)$ gilt:

$f(x) = x(n)$

Beispiel: $G_0(v_2) =$



Die Individuenfolgen als Parameter der Denotationsfunktion haben dadurch eine ähnliche Funktion wie die Bindungsfunktion in der Prädikaten- oder Intensionalen Prädikatenlogik.

Entsprechung der Bedeutungspostulate

Denotationsfunktion für ⌜is⌝

G_3(⌜is⌝) ist jene Funktion f: $(\mathbb{N} \to A) \to U_3$

$$= (\mathbb{N} \to A) \to ((U_0 \times U_0) \to U_1)$$
$$= (\mathbb{N} \to A) \to ((A \times A) \to (I \to \{0,1\}))$$

bei der für alle $x \in (\mathbb{N} \to A)$,
alle $t, u \in A$
und alle $i \in I$ gilt:

$f(x)(t, u)(i) = 1$ gdw. $u = t$

x	(t, u)	i	
0 mary, 1 mary, 2 mary, …	mary, mary	i_0	1
		i_1	1
	mary, john	i_0	0
		i_1	0
	john, mary	i_0	0
		i_1	0
	john, john	i_0	1
		i_1	1
0 mary, 1 mary, 2 john, …	mary, mary	i_0	1
		i_1	1
	mary, john	i_0	0
		i_1	0
	john, mary	i_0	0
		i_1	0
	john, john	i_0	1
		i_1	1
…			

Entsprechung der Bedeutungspostulate

Denotationsfunktion für ⌈not⌉

G_5(⌈not⌉) ist jene Funktion f: $(\mathbb{N} \to A) \to (U_1 \to U_1)$

bei der für alle $x \in (\mathbb{N} \to A)$,

alle $p \in (I \to \{0,1\})$

und alle $i \in I$ gilt:

$f(x)(p)(i) = 1$ gdw. $p(i) = 0$

0 mary 1 mary 2 mary …	i_0 0 i_1 0	i_0 1 i_1 1
	i_0 0 i_1 1	i_0 1 i_1 0
	i_0 1 i_1 0	i_0 0 i_1 1
	i_0 0 i_1 0	i_0 1 i_1 1
0 mary 1 mary 2 john …	i_0 0 i_1 0	i_0 1 i_1 1
	i_0 0 i_1 1	i_0 1 i_1 0
	i_0 1 i_1 0	i_0 0 i_1 1
	i_0 0 i_1 0	i_0 1 i_1 1
…	…	

Analog definiert sind G_5(⌈necessarily⌉) sowie G_4(⌈entity⌉), welches eine Eigenschaft ist, die für alle Individuen zutrifft.

Semantische Operationen

Funktionale Applikation

$F_2(d, a)$ ist jene Funktion p mit Domäne $\mathbb{N} \to A$
bei der für alle $x \in (\mathbb{N} \to A)$ gilt:

$$p(x) = d(x)\,(a(x))$$

$a =$

<table>
<tr><td><table><tr><td>0</td><td>mary</td></tr><tr><td>1</td><td>mary</td></tr><tr><td>2</td><td>mary</td></tr></table></td><td>john</td></tr>
<tr><td><table><tr><td>0</td><td>mary</td></tr><tr><td>1</td><td>mary</td></tr><tr><td>2</td><td>john</td></tr></table></td><td>john</td></tr>
<tr><td></td><td></td></tr>
</table>

$d =$

<table>
<tr><td><table><tr><td>0</td><td>mary</td></tr><tr><td>1</td><td>mary</td></tr><tr><td>2</td><td>mary</td></tr></table></td><td><table><tr><td>mary</td><td><table><tr><td>i_0</td><td>1</td></tr><tr><td>i_1</td><td>1</td></tr></table></td></tr><tr><td>john</td><td><table><tr><td>i_0</td><td>1</td></tr><tr><td>i_1</td><td>0</td></tr></table></td></tr></table></td></tr>
<tr><td><table><tr><td>0</td><td>mary</td></tr><tr><td>1</td><td>mary</td></tr><tr><td>2</td><td>john</td></tr></table></td><td><table><tr><td>mary</td><td><table><tr><td>i_0</td><td>0</td></tr><tr><td>i_1</td><td>0</td></tr></table></td></tr><tr><td>john</td><td><table><tr><td>i_0</td><td>0</td></tr><tr><td>i_1</td><td>0</td></tr></table></td></tr></table></td></tr>
<tr><td></td><td></td></tr>
</table>

$F_2(d, a) =$

<table>
<tr><td><table><tr><td>0</td><td>mary</td></tr><tr><td>1</td><td>mary</td></tr><tr><td>2</td><td>mary</td></tr></table></td><td><table><tr><td>i_0</td><td></td></tr><tr><td>i_1</td><td></td></tr></table></td></tr>
<tr><td><table><tr><td>0</td><td>mary</td></tr><tr><td>1</td><td>mary</td></tr><tr><td>2</td><td>john</td></tr></table></td><td><table><tr><td>i_0</td><td></td></tr><tr><td>i_1</td><td></td></tr></table></td></tr>
<tr><td></td><td></td></tr>
</table>

Für andere Grammatikregeln gelten ähnliche Definitionen.

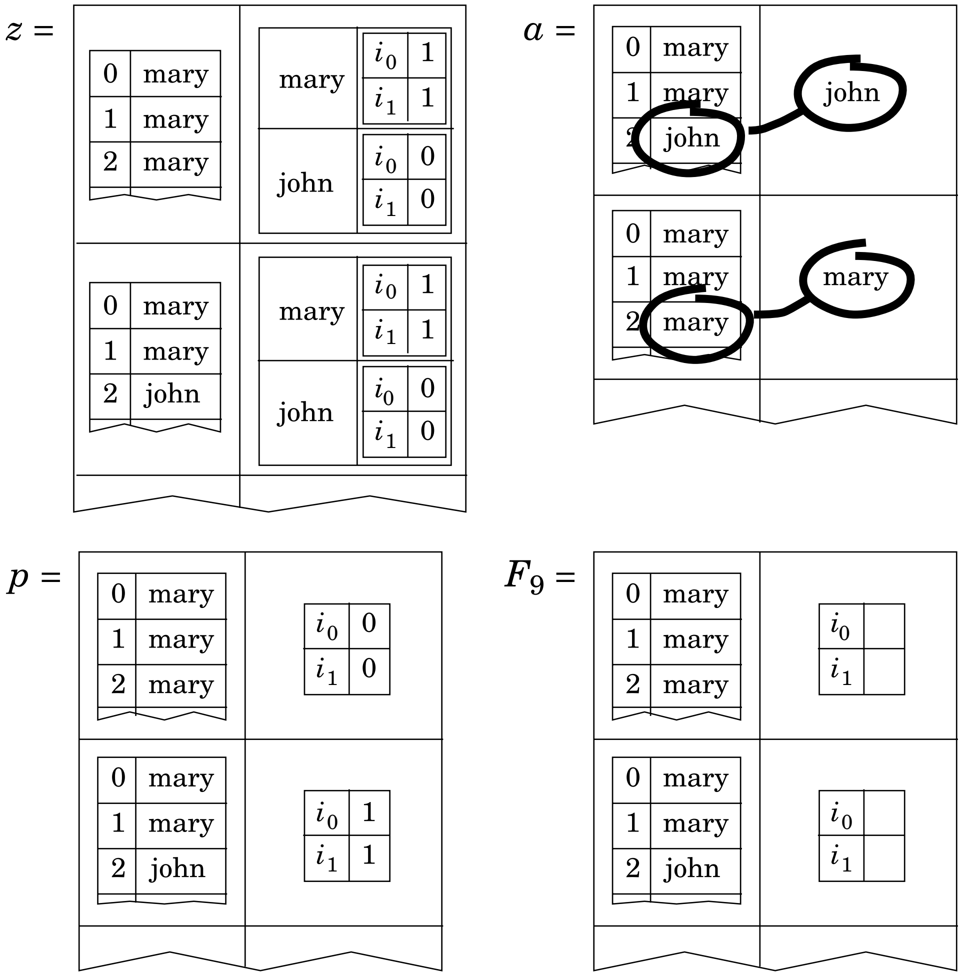
Semantische Operationen

Quantifikation

$F_9(p, a, z)$ ist jene Funktion q mit Domäne $\mathbb{N} \to A$ bei der für alle $x \in (\mathbb{N} \to A)$, alle $i \in I$ gilt:

$$q(x)(i) = 1 \quad \text{gdw.} \quad p(x_n^t)(i) = 1$$
$$\text{immer wenn } t \in A \text{ mit } z(x)(t)(i) = 1.$$

Dabei ist n der Index der durch a repräsentierten Variablen und x_n^t dieselbe Folge wie x, außer daß das n-te Glied gleich t ist.



Für die Existenzquantifikation und den bestimmten Artikel gibt es analoge Definitionen.

Modell- und Wahrheitsbegriff

Modell

Ein Modell M ist ein 11-Tupel $\langle A, I, G_0, \ldots, G_{12} \rangle$ mit

- A Menge der Individuen, mind. 2 Elemente
- I Menge der möglichen Welten, $I \neq \emptyset$
- $G_0, \ldots, G_8$ Denotationsfunktionen

Wahrheit einer Formel

Eine Formel φ ist wahr in Bezug auf Modell M, Syntaxbaum h und Welt i gdw.

- h ist eine syntaktisch korrekte Analyse von φ
- φ ist Element von C_1 (=Sätze)
- $i \in I$
- die Denotationsfunktion von h in M ist angewandt auf alle Folgen $x \in (\mathbb{N} \rightarrow A)$ und die Welt i jeweils gleich 1.

Eine Formel φ ist logisch wahr in Bezug auf Modell M und Syntaxbaum h gdw. φ wahr ist in Bezug auf M, h und alle Welten $i \in I$.

Unterschiede zur PTQ-Modellierung

Kein λ-Kalkül

Nicht potentiell beliebig viele Typen, sondern 9 festgelegte syntakt./semant. Kategorien

Keine kategoriale Syntax, sondern relativ umständliches induktives Regelsystem, das Ähnlichkeiten mit einer Phrasenstrukturgrammatik besitzt

Intensionalität

In PTQ wird jeder nichtlogischen Konstanten, egal welchen Typs, durch die Interpretationsfunktion deren Intension zugewiesen. Zusätzlich gibt es die Operatoren $^\wedge$ und $^\vee$.
In EFL ist dagegen ausschließlich U_1 (=Sätze) intensional: Das Denotat eines Satzes ist nicht wie in PTQ ein Wahrheitswert, sondern eine Proposition, also aus $I \rightarrow \{0, 1\}$.

Der Notwendigkeitsoperator wird durch eine Art Bedeutungspostulat für ⌜necessarily⌝ simuliert.

Intensionale Verben wie *seek* können in EFL nicht zufriedenstellend analysiert werden.

Keine zwischengeschaltete Logiksprache

Wie in PTQ werden englische Ausdrücke syntaktisch analysiert, diese (desambiguierten) Analysen werden allerdings direkt modelltheoretisch interpretiert, ohne erst in die Intensionale Logik übersetzt zu werden.