
Semantische Sprachverarbeitung

Carola Eschenbach
Universität Hamburg, FB Informatik
AB Wissens- und Sprachverarbeitung (WSV)

Sommersemester 2007

Semantische Sprachverarbeitung

Vorlesung 10

Anaphorik / Pronomeninterpretation

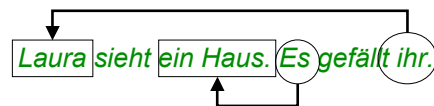
- Pronomen als Anaphern
- Referentielle Netze



Anaphernresolution

Bisher ungelöst

- Beispiel



- Welche Informationen sind für das Auffinden des Antezedenten erforderlich?
- Numerus, Genus, ...

Pronomen

Personalpronomen, 1. und 2. Person

- Bezug auf Partizipanten des Diskurses (deiktisch)
 - Deutsch: *ich, du, wir, ihr*
 - Englisch: *I, you, we, you*

Personalpronomen, 3. Person

- Bezug auf vorerwähnte Personen und Objekte (anaphorisch)
 - Deutsch: *er, sie, es, sie*
 - Englisch: *he, she, it, they*

Reflexivpronomen

- gebunden
 - Deutsch: *mich, dich, sich, uns, euch*
 - Englisch: *myself, yourself, himself, herself, itself, ...*

Beispiele

- *Maria sieht sich.*
- *Maria sieht Peter. Er sieht sie nicht.*
- *Maria sieht sie. ≠ Maria sieht sich.*
- *Maria beeilt sich. *Maria beeilt Peter.*
- *Es regnet. ≠ Der Regen / Die Wolke regnet.*

Referierende Pronomen

Reflexivpronomen

- *Maria sieht sich.*
- Bezug auf NP im selben Satz.
- Weitere syntaktische Beschränkungen

Personalpronomen

- *Maria sieht Peter. Er sieht sie nicht.*
- Bezug satzübergreifend möglich
- Satzinterne Bezüge eingeschränkt.

„Uneigentliche“ Verwendungen

- keine Referenz
- *Es regnet; Maria beeilt sich.*

Referenz von Pronomen

Referentenquellen

- Äußerungssituation: deiktisch
 - *Wer ist er denn?*
- Vortext: anaphorisch
 - *Laura tanzt. Sie ist glücklich.*
- Folgetext: kataphorisch
 - *Dass er tanzen kann, hat Peter Maria erzählt.*

Referenzbeschränkungen

- syntaktisch strukturell: Modellierung durch DRS-Einbettung
- Genus, Numerus
- Fokus, Prominenz von Objekten im Kontext

Genus und Numerus bei Pronomen: English

semantische Übereinstimmung

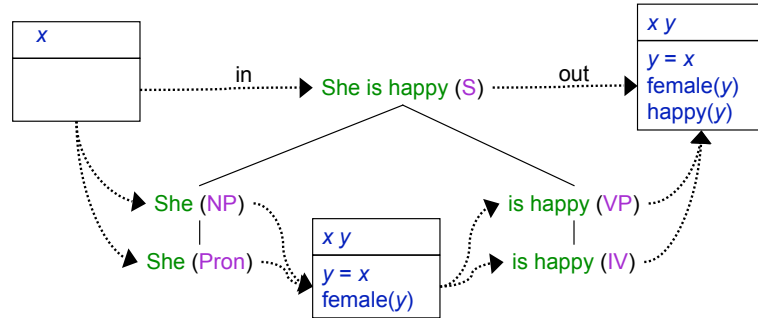
- mit nat. Geschlecht
 - *The child ... he / she / *it ...*
 - *The girl ... she ...*
 - *The person ... he / she / *it ...*
- mit Gliederung
 - *The group ... they ...*

syntaktische Übereinstimmung

- Nomen tragen kein Genus-Merkmal
- mit Numerus
 - *The group ... it ...*

DRT-Konstruktion: Relationale Sicht

- Anaphern erfordern *passende* DRs in Eingabe-DRT
- eine semantische Auswertung (Inferenzen) ist erforderlich



Anaphorische Pronomen: Freie Variablen markieren

Pronomen im Lexikon

- Hier sind die Referenten nicht bekannt!
- Daher werden Pronomen gekennzeichnet:

$$\alpha\text{-DRS} \quad \lambda P (\alpha X \begin{array}{|c|} \hline \\ \hline \text{female}(X) \\ \hline \end{array}) \oplus P(X)$$

- Referenten sind im Eingabe-Kontext oder in übergeordneten DRSen zu suchen

$$\lambda Y \begin{array}{|c|} \hline \\ \hline \text{tanzt}(Y) \\ \hline \end{array} \quad \alpha X \begin{array}{|c|} \hline \\ \hline \text{female}(X) \\ \hline \text{tanzt}(X) \\ \hline \end{array}$$

tanzt *Sie tanzt*

DRT-Erweiterungen

α -DRS

- mehr dazu in der nächsten Sitzung

Distanz-Effekte

- Pronomen greifen mehrheitlich Objekte auf, die im Fokus der aktuellen Textpassage stehen
 - Text-Fokus
 - Agenten-Fokus

Erweiterung um Fokusstacks

- Generierung eines Fokusstacks
- Zugriff von Pronomen auf passende Objekte im Fokusstack
- Veränderung des Fokusstack durch Satzverarbeitung

Genus und Numerus bei Pronomen: Deutsch

syntaktische Übereinstimmung

- mit Nomen-Genus, -Numerus
 - Das Mädchen / Das Kind ... es ...
 - Die Person ... sie_{sg} ...
 - Der Fachbereichsrat ... er ...
 - Der Roboter ... er ...
 - Die Maschine ... sie_{sg} ...

semantische Übereinstimmung

- mit nat. Geschlecht, Gliederung
 - Das Mädchen ... sie_{sg} ...
 - Das Kind / Die Person ... er / sie_{sg} ...
 - Der Fachbereichsrat ... sie_{pl} ...

Referentielle Netze

Habel, Christopher (1986).

Prinzipien der Referentialität. Untersuchungen zur propositionalen Repräsentation von Wissen. Springer: Berlin.

Referentielle Netze (Habel, 1986)

konzipiert als Basis zur Modellierung referentieller Prozesse

Unterscheidung zwischen

- Repräsentationen von Objekten (RefOs)
- Repräsentationen sprachlicher Ausdrücke (Deskriptionen)
- Repräsentationen von deren grundlegenden Eigenschaften und Beziehungen (Attribute)

Möglichkeit zur Differenzierung des Modells durch Attributierung

Referentielle Netze und Sprachverarbeitung

Referenzobjektidentifikatoren (RefOs) werden durch

- Refo-Attribute (grundlegende Eigenschaften) und
 - Designatoren (Objektbezeichnungen, Terme) beschrieben.
 - Designator-Attribute spezifizieren die Designatoren
-
- ```
graph LR; A[Refo-Attribute] --> B[male]; B --> C[r1]; C --> D[bond]; D --> E[name, sg]; D --> F["ηx[cute(x)]"]; G[Designator-Attribute] --> H[Designatoren];
```

---

## Designatoren und Attribute

---

RefO-Attribute

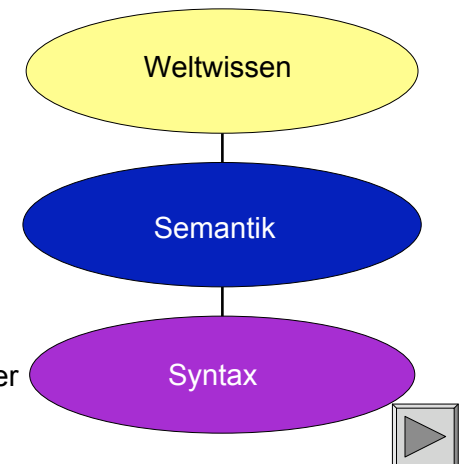
- Ontologische Eigenschaften der Objekte

Designatoren

- Beschreibung der Objekte
- Semantisches Wissen

Designatorattribute

- sprachliche Merkmale der Beschreibungen



## Beziehung von Referentiellen Netzen zur DRT

### Referenzorientierte Analyse von Nominalphrasen

- im Gegensatz zu quantifikationellen Analysen
- vgl. Mentale Modelle in der Psycholinguistik

### Orientierung an referentiellen Prozessen und deren Randbedingungen,

- nicht an sprachlich-strukturellen Einschränkungen

### Modellierung einschlägiger grammatischer Merkmale

### Diskursrepräsentation mit einheitlichem Rahmen für

- Satzmodell
- Diskursmodell
- Hintergrundwissen

## Referentielle Netze und Logische Sprachen

### Referentielle Netze

- basieren auf einer formalen Sprache
- (SRL - Semantic Representation Language)
- sortierte Termmenge

### Die Bestandteile der Netze

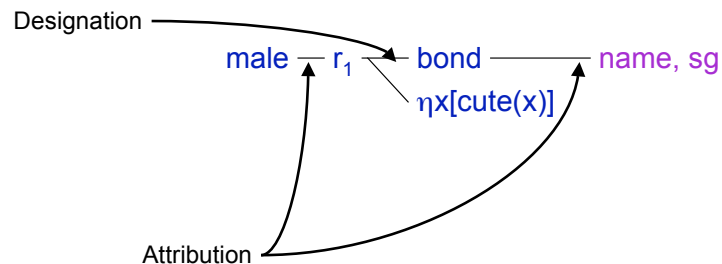
- sind Terme
- (nicht Formeln)

### Termbildende Operatoren stehen im Vordergrund



## Referentielle Netze und Sprachverarbeitung

### Zwei Typen von Basisrelationen



## Termbildende Operatoren und Deskriptionen

### Konstanten

- ggf. als Stellvertreter für Eigennamen

$r_1$  — bond

### Funktionssymbole

- für eindeutige Abbildungen

$r_2$  — mother\_of( $r_1$ )

### Deskriptionsoperatoren

- $\iota$ : Darstellung von definitiver Referenz: Russell

$r_3$  —  $\iota x$  moon(x)

- $\eta$ : Darstellung von indefiniter Referenz: Hilbert/Bernays

$r_4$  —  $\eta x$  man(x)

## Deskriptionsoperatoren / Kennzeichnungsoperatoren

### Syntaktische Eigenschaften

- bilden einen Term
  - binden eine Variable
    - wie Quantoren, Lambda
  - werden mit einer Formel kombiniert (in der die Variable vorkommen sollte)
- alternative Betrachtung
  - werden mit einem einstelligem Prädikat kombiniert
  - Typenlogisch:  $\langle\langle e, t \rangle, e\rangle$

### Ein bekannteres Beispiel

- $\{x \mid P(x)\}$ : Abbildung einer Eigenschaft (P) auf eine Menge

## Interpretation von Referentiellen Netzen

Sei **D** eine Menge und **I** eine Interpretation in **D**

**I** erfüllt die Bedingungen des Referentiellen Netzes, wenn folgendes erfüllt ist:

$$r_1 \text{ — bond} \quad I(r_1) = I(\text{bond})$$

$$r_2 \text{ — mother\_of}(r_1) \quad I(r_2) = I(\text{mother\_of}(r_1))$$

$$r_3 \text{ — } \iota x \text{ moon}(x) \quad \{I(r_3)\} = \{d \in D \mid I_{[x \rightarrow d]}(\text{moon}(x)) = \text{wahr}\}$$

$$r_4 \text{ — } \eta x \text{ man}(x) \quad I(r_4) \in \{d \in D \mid I_{[x \rightarrow d]}(\text{man}(x)) = \text{wahr}\}$$

Vgl. Exkurs zur modelltheoretischen Semantik der Prädikatenlogik in Vorlesung 3.

## Fokussierung als Transformation

**r<sub>3</sub>: der Ehemann von r<sub>5</sub>**

$$r_3 \text{ — } \iota x \text{ husband}(x, r_5)$$

**r<sub>4</sub>: ein Kind von r<sub>5</sub>**

$$r_4 \text{ — } \eta x \text{ child\_of}(x, r_5)$$

**r<sub>3</sub> ist Ehemann von r<sub>5</sub>**

$$\text{husband}(r_3, r_5)$$

**r<sub>4</sub> ist Kind von r<sub>5</sub>**

$$\text{child\_of}(r_4, r_5)$$

**r<sub>5</sub> hat r<sub>3</sub> als Ehemann**

$$r_5 \text{ — } \eta x \text{ husband}(r_3, x)$$

**r<sub>5</sub> hat r<sub>4</sub> als Kind**

$$r_5 \text{ — } \eta x \text{ child\_of}(r_4, x)$$

## RefO-Attribute

- das konzeptuell / ontologische Wissen über die Objekte
- sind (weitgehend) sprachunabhängig (eher kulturabhängig)

### Beispiele

- Sortenattribute repräsentieren die Zugehörigkeit zu grundlegenden Kategorien (kognitive Ontologie), z.B. ‚Belebtheit‘, ‚Konkretheit‘, ...
  - meet:  $\langle \text{situation, human, human} \rangle$
  - move:  $\langle \text{situation, mobile, path} \rangle$
- Sexus (bei Lebewesen)
- Teile (bei Kollektionen von Objekten → Numerus)

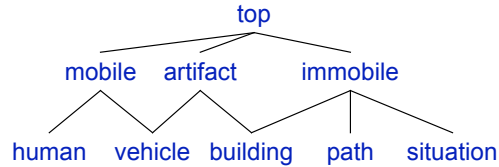
## Beispiel: Sortenspezifikation der Operatoren

plane/1 -- (vehicle)

terminal/1 -- (building)

towards/2 -- (path, top)

move/3 -- (situation, mobile, path)



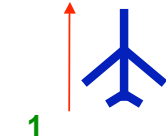
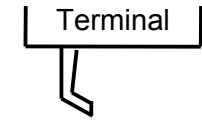
## A plane is moving towards the terminal.

vehicle — r1 —  $\eta x$  plane(x)  
 $\eta x$  move(r2, x, r3)

situation — r2 —  $\eta x$  move(x, r1, r3)

path — r3 —  $\eta x$  towards(x, r4)  
 $\eta x$  move(r2, r1, x)

building — r4 —  $\iota x$  terminal(x)  
 $\eta x$  towards(r3, x)



## Designatorattribute

- spezifizieren sprachlich relevante Aspekte der repräsentierten Ausdrücke (z.B. syntaktische Merkmale)
- sind abhängig von den Einzelsprachen
- sind kompetenten Sprachverwendern (implizit) bekannt

### Beispiele

- Genus (im Deutschen)
- Numerus
- Tempus, Aspekt (Verb-Designatoren)

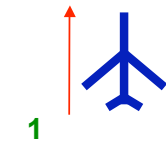
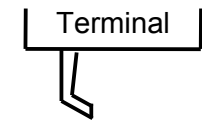
## A plane is moving towards the terminal.

vehicle — r1 —  $\eta x$  plane(x) — [sg, ct]  
 $\eta x$  move(r2, x, r3)

situation — r2 —  $\eta x$  move(x, r1, r3) — [prog, pres]

path — r3 —  $\eta x$  towards(x, r4)  
 $\eta x$  move(r2, r1, x)

building — r4 —  $\iota x$  terminal(x) — [sg, ct]  
 $\eta x$  towards(r3, x)



## Attributsdimensionen

werden durch systematisch zusammengehörige Attribute gebildet

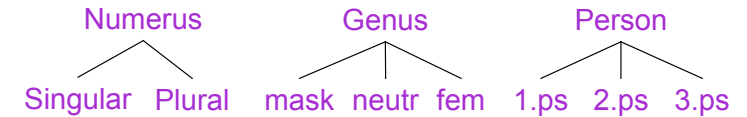
- sg. & pl.: Numerus
- feminine & masculine & neutral: Genus
- atom, complex, mass: Structure
- female & male: Sexus

können strukturiert sein (Verbandsstruktur)

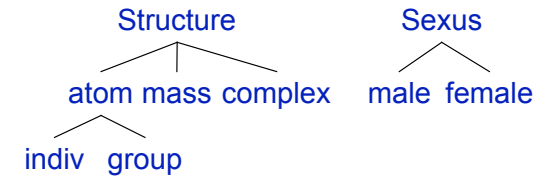
müssen unter Umständen vermischt spezifiziert werden.

## Attributsdimensionen

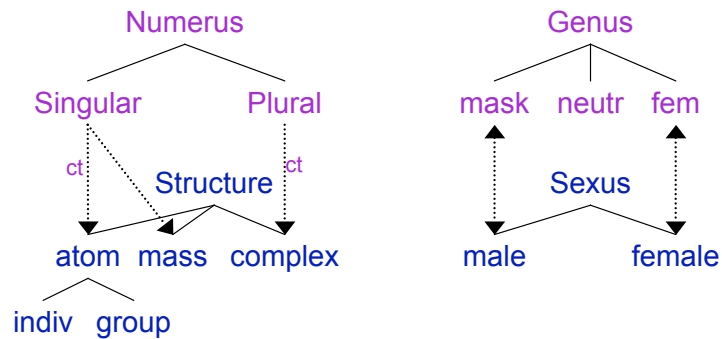
Designatorattribute



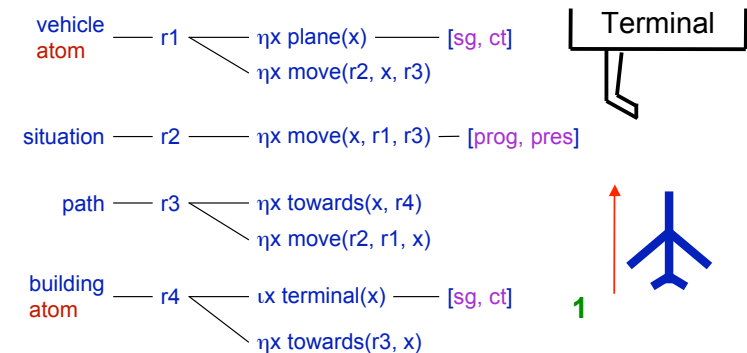
RefO-Attribute



## Abbildung zwischen Attributen: Englisch, Deutsch



## A plane is moving towards the terminal.



## Sätze beschreiben Situationen

### Sätze in natürlichen Diskursen

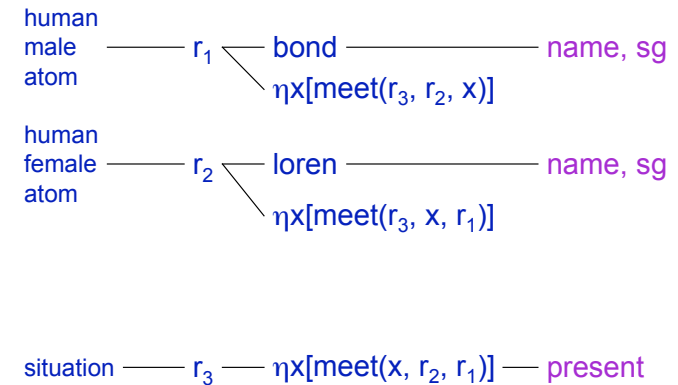
- sind nicht einfach wahr oder falsch
- sondern beschreiben eine (zeitlich / räumlich verankerte) Situation (korrekt oder inkorrekt)
  - *Loren meets Bond.*
  - *Bond is hungry.*

### Situationen können durch Referenzobjekte repräsentiert werden

- Relationen, die durch Verben eingeführt werden, spezifizieren eine Situation.

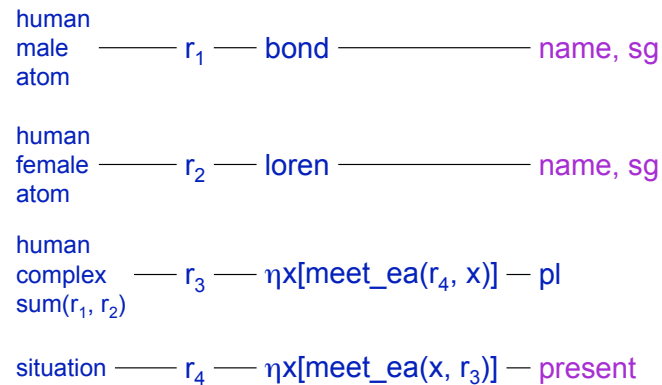
## Referenzobjekte für Situationen

### Bond meets Loren



## Referenzobjekte für Kollektionen von Objekten

### Bond and Loren meet



## Personal-Pronomina (Deutsch)

|            | sg     | sg      | sg    | pl    | sg    | pl   | sg    | pl   |
|------------|--------|---------|-------|-------|-------|------|-------|------|
|            | 3.mask | 3.neutr | 3.fem | 3.ps  | 1.ps  | 1.ps | 2.ps  | 2.ps |
| Nominativ  | er     | es      | sie   | sie   | ich   | wir  | du    | ihr  |
| Akkusativ  | ihn    | es      | sie   | sie   | mich  | uns  | dich  | euch |
| Reflexiv   | sich   | sich    | sich  | sich  | mich  | uns  | dich  | euch |
| Dativ      | ihm    | ihm     | ihr   | ihnen | mir   | uns  | dir   | euch |
| Gen / Poss | sein-  | sein-   | ihr-  | ihr-  | mein- | uns- | dein- | eur- |

*er*  $r_n$  —  $\eta x[\text{pron}(x)]$  — 3.ps, sg, mask

*ihm*  $r_n$  —  $\eta x[\text{pron}(x)]$  — 3.ps, sg, (mask v neutr)

*sie*  $r_n$  —  $\eta x[\text{pron}(x)]$  — 3.ps, (sg, fem) v pl

## Personal-Pronomina (Englisch)

|           | sg     | sg      | sg    | pl    | sg   | pl   | sg   | pl   |
|-----------|--------|---------|-------|-------|------|------|------|------|
|           | 3.mask | 3.neutr | 3.fem | 3.ps  | 1.ps | 1.ps | 2.ps | 2.ps |
| Nominativ | he     | it      | she   | they  | I    | we   | you  | you  |
| Akkusativ | him    | it      | her   | them  | me   | us   | you  | you  |
| Dativ     | him    | it      | her   | them  | me   | us   | you  | you  |
| Poss      | his    | its     | her   | their | my   | our  | your | your |

*he*  $r_n$  —  $\eta x[\text{pron}(x)]$  — 3.ps, sg, mask

*you*  $r_n$  —  $\eta x[\text{pron}(x)]$  — 2.ps

## Attribute und Fokussierung

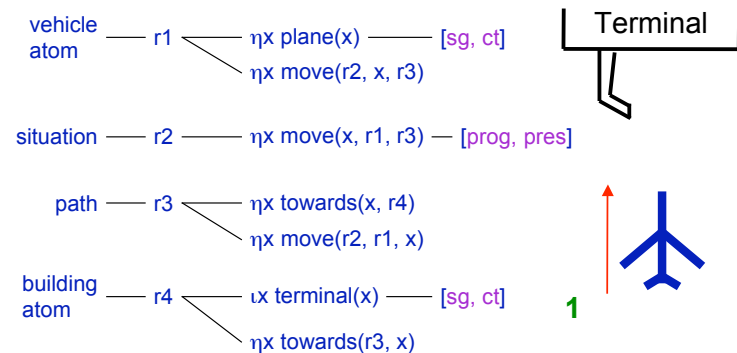
### Genus vs. Sexus

- Paul hat ein Kind. Er liebt es sehr. Es ...
- Paul hat ein Kind. ?Sie geht schon zur Schule.
- Paul hat ein Kind. Es ist ein Mädchen. Er liebt es sehr. Es ...
- Paul hat ein Kind. Es ist ein Mädchen. Sie geht schon zur Schule. \*Es ...
- Paul hat ein Kind. Es ist eine Tochter. Er liebt sie sehr.
- Paul hat ein Kind. Es ist eine Tochter. ?Er liebt es sehr.

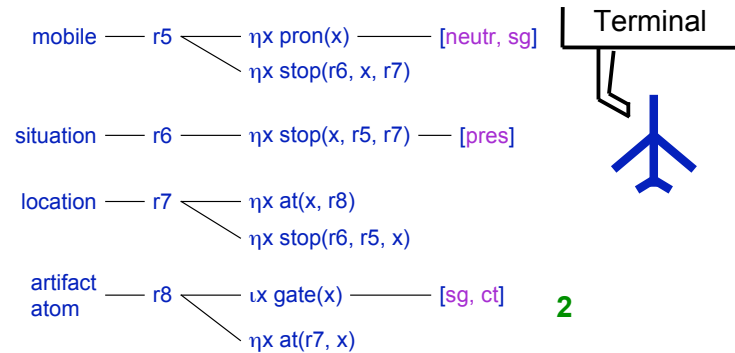
„Object attributs stay, description attributes fade away.“

## Ein (einfaches) Beispiel

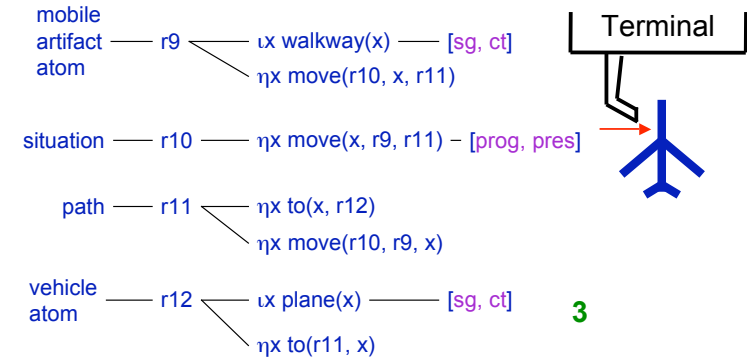
## A plane is moving towards the terminal.



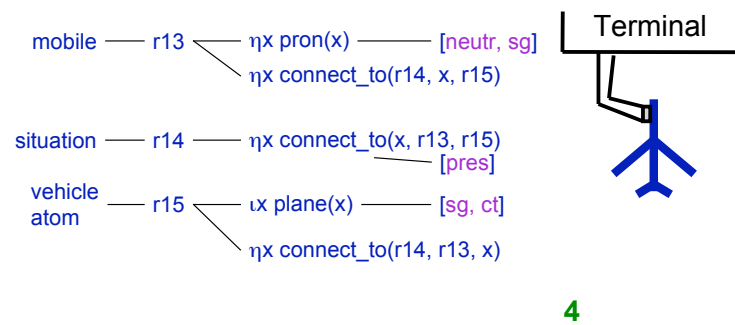
## It stops at the gate.



## The walkway is moving to the plane.

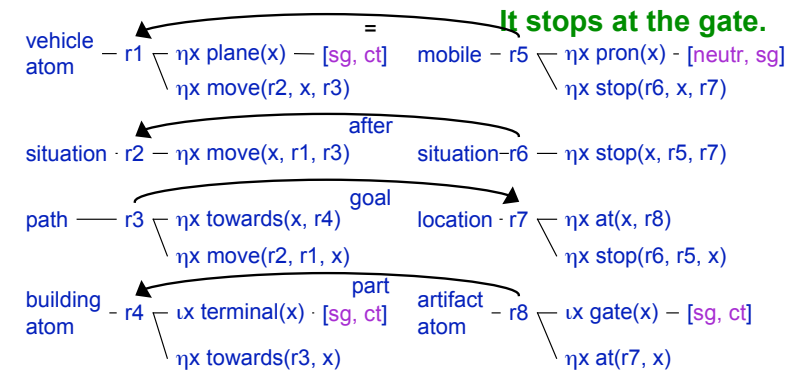


## It connects to the plane.



## Satzverbindungen (1)

### A plane is moving towards the terminal.



## Satzverbindungen: Wissensquellen

A plane is moving towards the terminal.

It stops at the gate.

### Diskurspragmatik

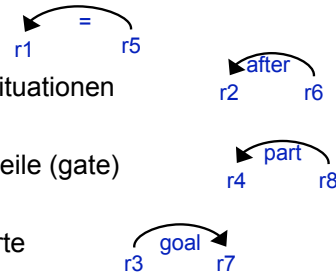
- Referenzbestimmung
- Zeitliche Relation zwischen Situationen

### Hintergrundwissen

- Objekte (Terminal) und ihre Teile (gate)

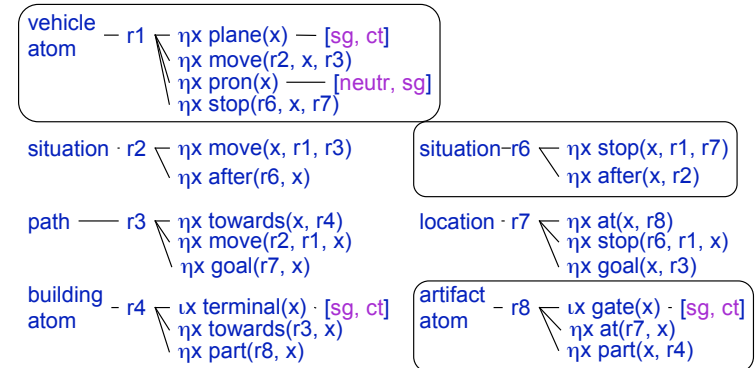
### Räumlich/zeitliches Wissen

- Bewegung auf Pfaden und Orte



## Diskursnetz (1)

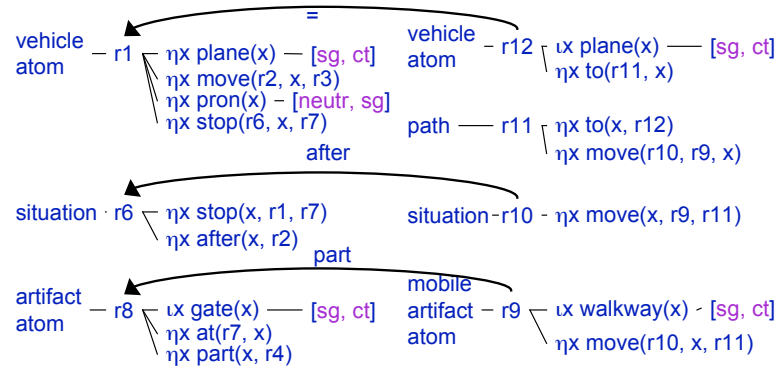
A plane is moving towards the terminal. It stops at the gate.



## Satzverbindungen (2)

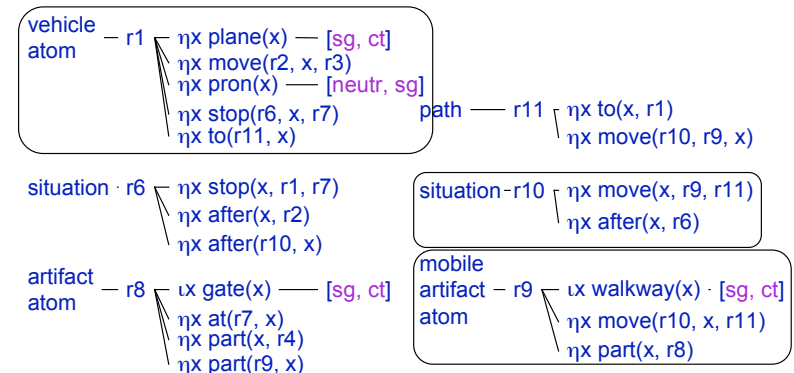
A plane is moving towards the terminal. It stops at the gate.

The walkway is moving to the plane.



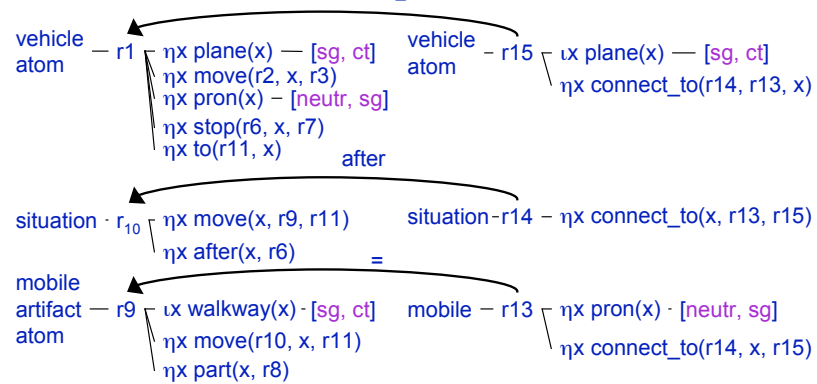
## Diskursnetz (2)

A plane is moving towards the terminal. It stops at the gate. The walkway is moving to the plane.



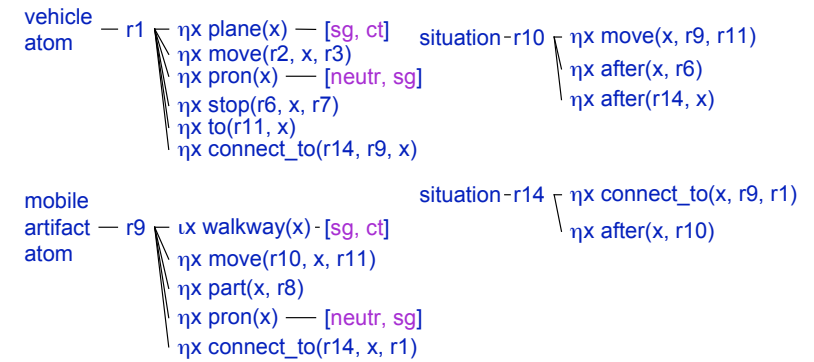
### Satzverbindungen (3)

A plane is moving towards the terminal. It stops at the gate. The walkway is moving to the plane. It connects to the plane.



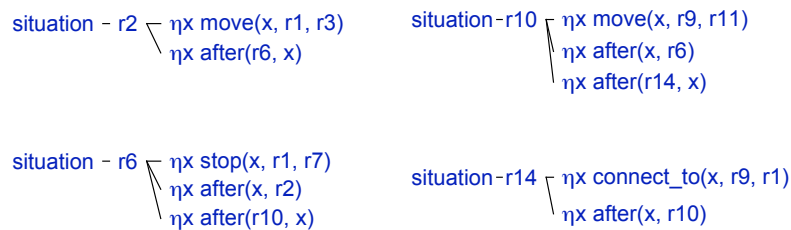
### Diskursnetz (3)

A plane is moving towards the terminal. It stops at the gate. The walkway is moving to the plane. It connects to the plane.



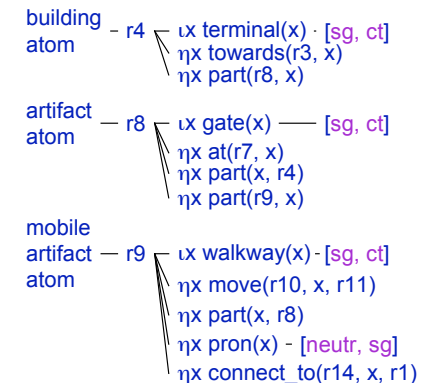
### Das geschilderte Geschehen

A plane is moving towards the terminal. It stops at the gate. The walkway is moving to the plane. It connects to the plane.



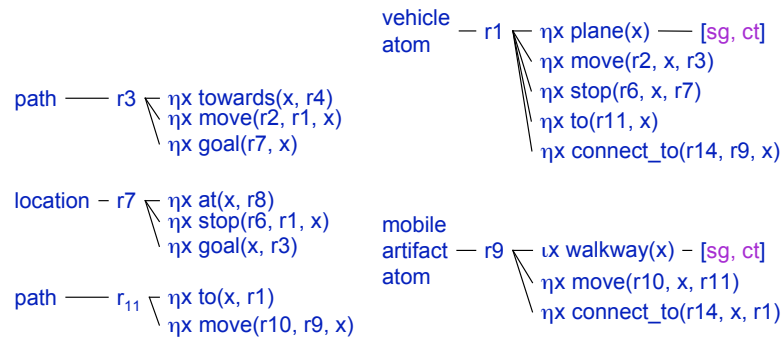
### Das Terminal und seine Teile

A plane is moving towards the terminal. It stops at the gate. The walkway is moving to the plane. It connects to the plane.



## Raum und Bewegung

A plane is moving towards the terminal. It stops at the gate. The walkway is moving to the plane. It connects to the plane.



## Zusammenfassung

### Formalismen für die Anaphernbehandlung

- DRT
  - Fokussierung auf sprach-strukturelle Restriktionen
  - Diskursreferenten / Bedingungen
  - Komplexe DRSen ( $\lambda$ ,  $\oplus$ ,  $\alpha$ ) als technische Lösung von Kompositionalitätsproblemen
- Referentielle Netze
  - Repräsentation der aufgebauten mentalen Modelle
    - Objekt-zentriert
    - Attribute zur Merkmalsrepräsentation
    - Deskriptionen zur Konzeptanbindung
- Kombination der Ansätze ist möglich

## Literatur

### Referentielle Netze

- Habel, Christopher (1986). Prinzipien der Referentialität. Untersuchungen zur propositionalen Repräsentation von Wissen. Springer: Berlin.
- Carola Eschenbach (1988). SRL als Rahmen eines textverarbeitenden Systems, Universität Hamburg, Arbeitspapier (GAP-AP 3).

## Literatur

### DRT

- Kamp, Hans (1981). A theory of truth and semantic representation. In J. Groenendijk, Th. Janssen & M. Stokhof (eds.) *Formal Methods in the Study of Language* (pp. 277–322). Mathematisch Centrum: Amsterdam. Auch in: J. Groenendijk, Th. Janssen & M. Stokhof (eds.) (1983): *Truth, Interpretation, and Information*. Dordrecht: Foris, 1-41. (= GRASS 2)
- Kamp, Hans & Uwe Reyle (1993). *From Discourse to Logic. Introduction to Modeltheoretic Semantics of Natural Language, Formal Logic and Discourse Representation Theory*. Dordrecht: Kluwer.
- Blackburn, Patrick & Johan Bos (1999). *Working with Discourse Representation Theory. An Advanced Course in Computational Semantics*. Ms. [Online](#)