

---

# Semantische Sprachverarbeitung

---

Carola Eschenbach

Universität Hamburg, MIN-Fakultät, Dept. Informatik  
AB Wissens- und Sprachverarbeitung (WSV)

Sommersemester 2009

---

---

# Semantische Sprachverarbeitung

---

## Sitzung 2

- Repräsentation von Bedeutung
  - Produktivität von Bedeutung
    - Rolle der Syntax
  - Techniken der Bedeutungserfassung
    - Logik : Semantik
-

# Sprache und Bedeutung

---

## Sprachliche Ausdrücke

- werden vom Menschen produziert und interpretiert
- beschreiben Situationen in der Welt

## Die Bedeutung

- determiniert, welche Situationen beschrieben werden
- korrespondiert zu mentalen Repräsentationen
- kann (nur) über Bedeutungsrelationen erfasst werden

## Tiefe semantische Sprachverarbeitung

- unabdingbare Orientierung an der menschlichen Sprachfähigkeit und Verarbeitung

# Was soll eine Bedeutungstheorie leisten?

---

## Modellierung der menschlichen, semantischen Kompetenz

- ‚Bedeutungseigenschaften‘
  - Wahrheitsbedingungen
  - Referenz, ‚Aboutness‘, thematische Bezüge, Topik
  - Mehrdeutigkeit
- Bedeutungsrelationen
  - Folgerung
  - Koreferenz
  - Präsuppositionen
  - Synonymie etc
- Produktivität von Sprache und Bedeutungen

# Bedeutung

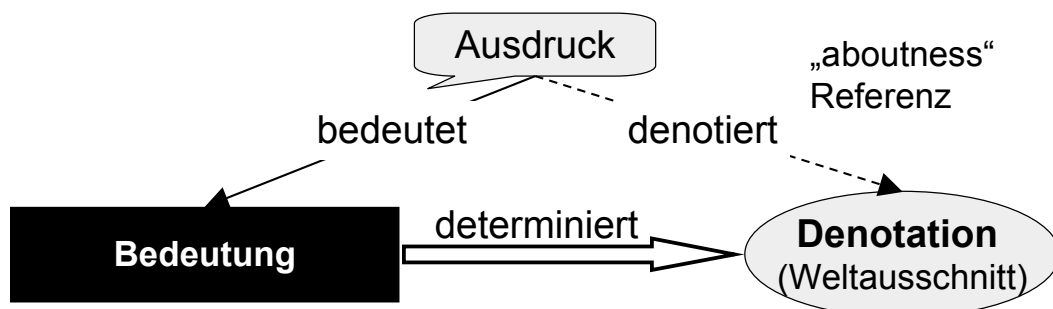
---

- grundlegender als Denotation
- abstrakt
- von verschiedenen Menschen geteilt
  - Übereinkunft einer Sprachgemeinschaft
  - identifizierbar über Inferenzpotential
- mental repräsentiert
  - Adäquatheit entsprechend Inferenzpotential

# Bedeutungen

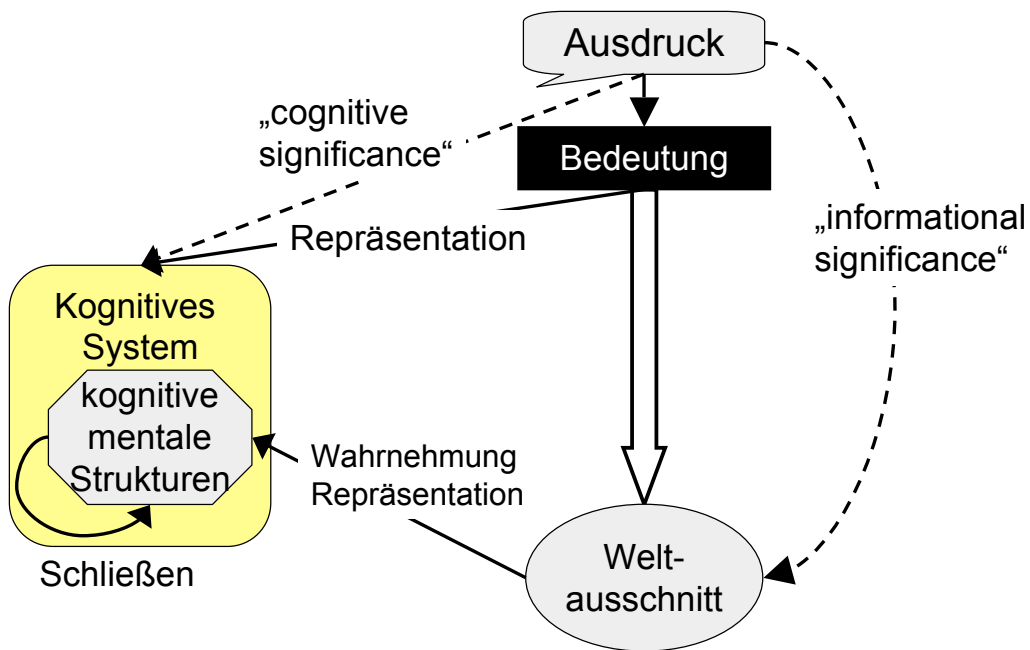
---

- grundlegender als Denotation
- abstrakt

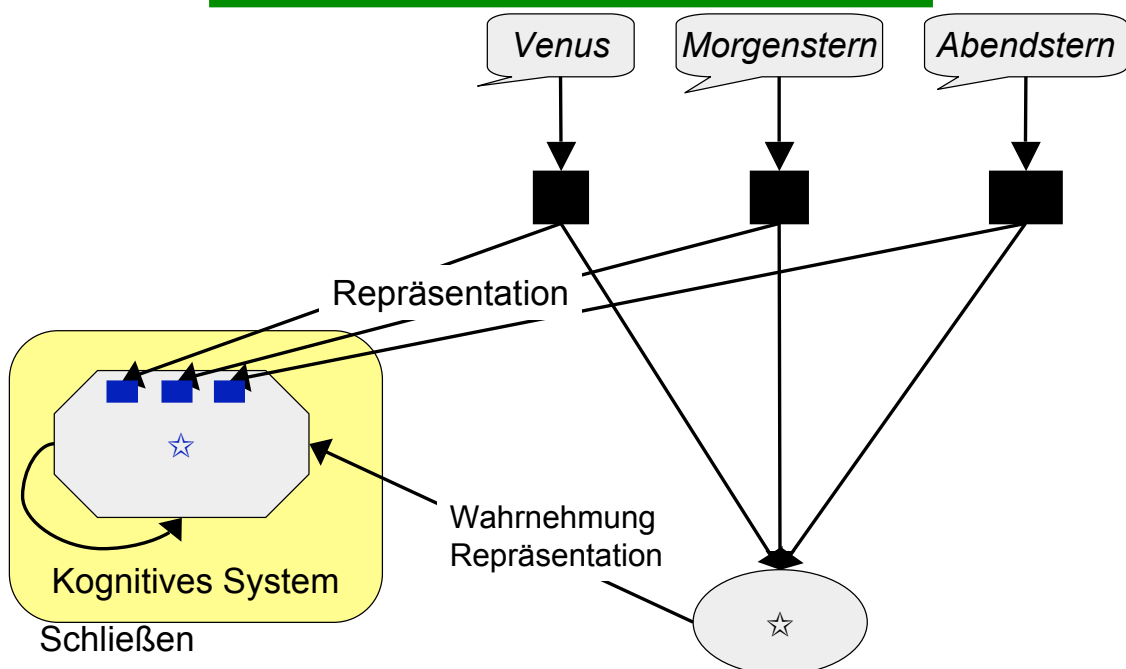


Löbner (2003)

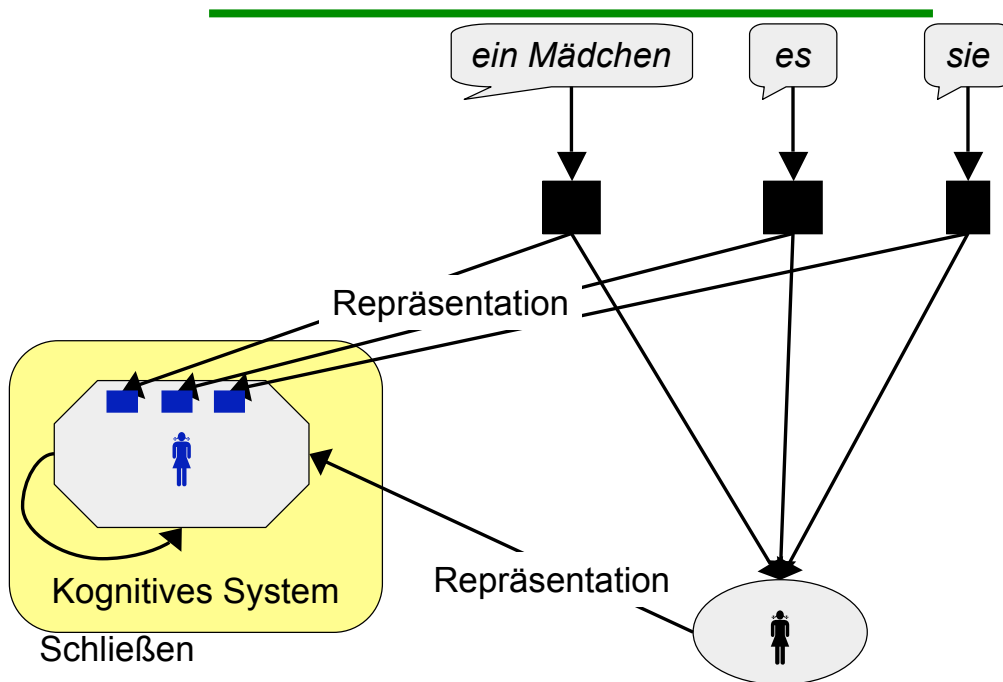
## Bedeutung und Repräsentation



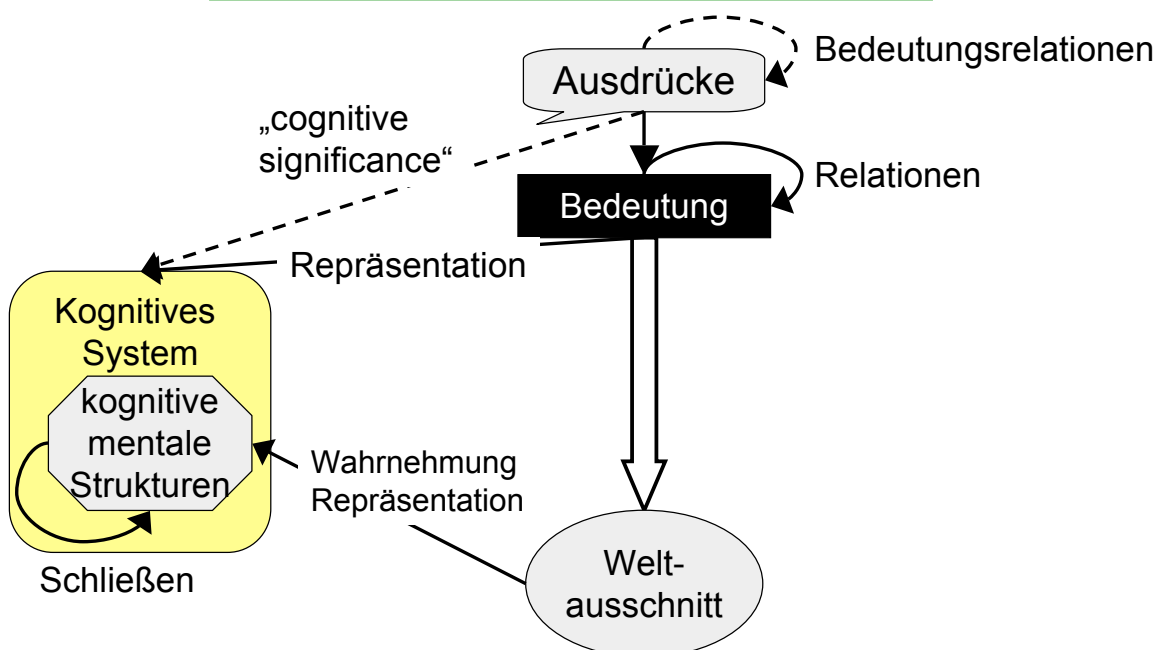
## Bedeutung differenziert stärker als Denotation



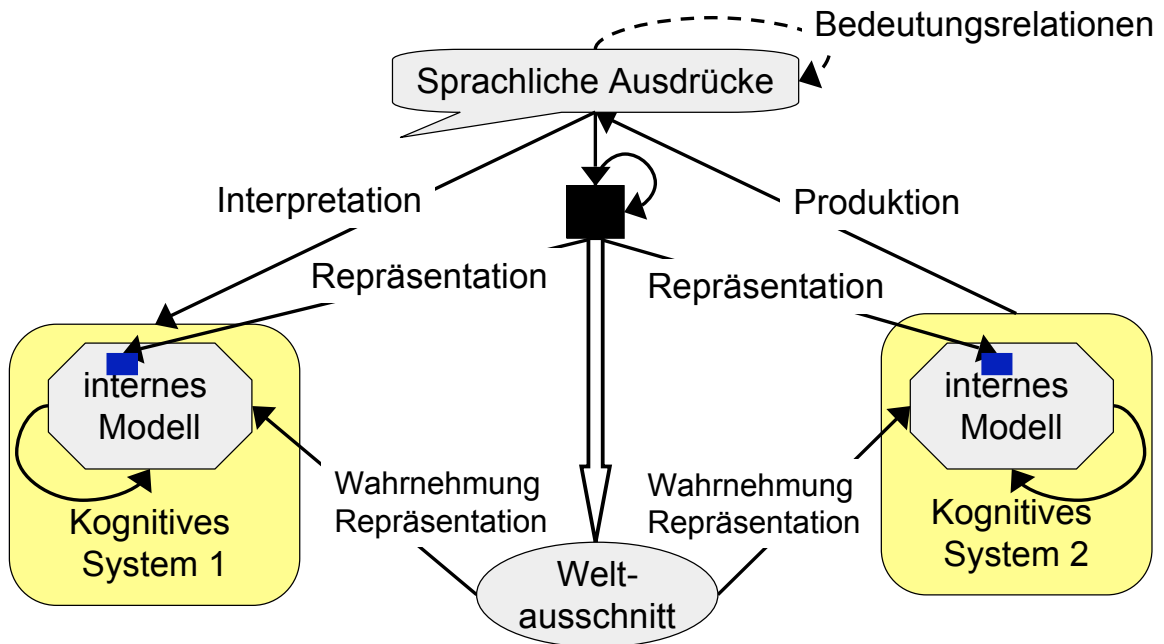
## Ko-Referenz vermittels Ko-Text und internem Modell



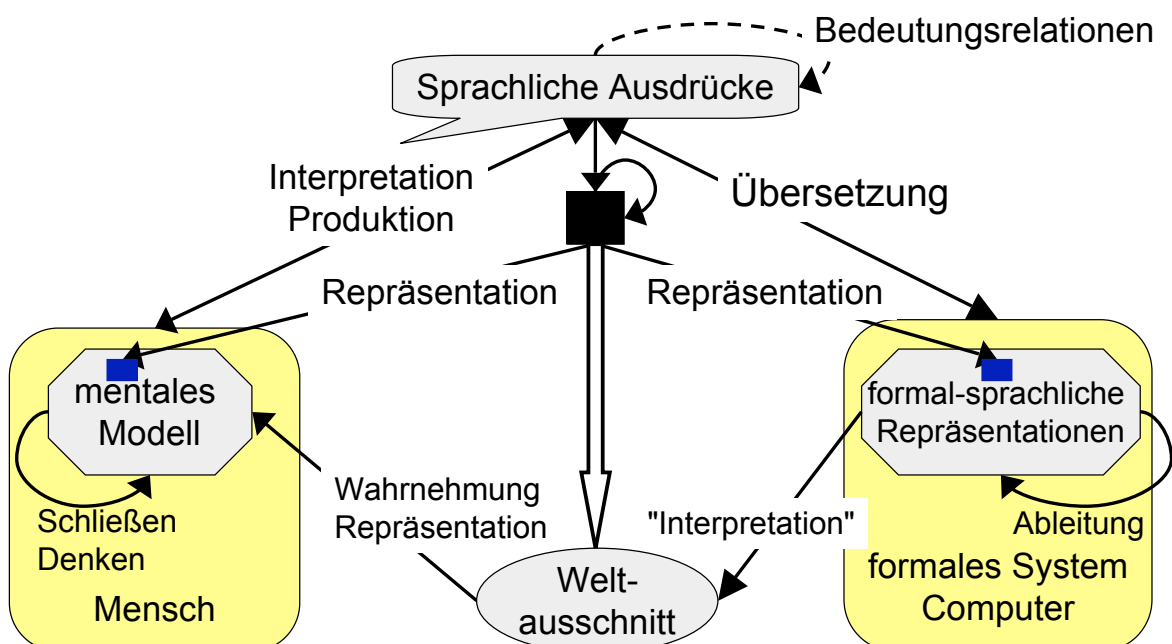
## Bedeutungsrelationen und Repräsentation



## Bedeutung und Kommunikation



## Formale interne Modelle





## Arbeits-Abgrenzung: Semantik vs Pragmatik

---

### Semantik

- sprachliche Ausdrücke
- Sätze, Phrasen, Wörter, Morpheme, Texte, Diskurse
  
- Bedeutung ist kontextinvariant
  
- meaning of a sentence

### Pragmatik

- sprachliche Handlungen
- Äußerungen
  
- Bedeutung ist kontextabhängig
  
- meaning of a speaker (by uttering a sentence)

## Semantische vs. pragmatische Bedeutungsaspekte

---

- 1) Tür und Fenster sind offen, es zieht merklich.
  - a) Anna sagt zu Bernd: "Es zieht."
  - b) Anna sagt zu Bernd: "Mach bitte die Tür zu."
  
- 2) Clara sagt zu Dieter: "Ich hätte gerne ein Glas Wasser."
  - a) Dieter ist Kellner und Clara Gast in einem Lokal.
  - b) Clara und Dieter wandern in den Alpen.

## Wissensquellen im Sprachverstehen

---

### Sprachlich

- Lexikalisches Wissen (Wortbedeutungen)
- Grammatikalisches Wissen (Bedeutungskombinatorik)

### Handlungsbezogen

- Pragmatisches Wissen
- Skripts

### Hintergrundwissen

- Objekte, Domänen (Ontologisches Wissen)
- Situationen, Abläufe (Skripts)
- Fachwissen
- ...

## Drei Perspektiven auf Bedeutung

---

### Semantisch, referentiell, denotationell

- Sprache (als Symbolsystem) wird zu Entitäten / Strukturen (in der Welt) in Beziehung gesetzt

☞ mathematische, philosophische Logik, Sprachphilosophie

### Pragmatisch

- Sprachliche Äußerungen werden in Hinblick auf ihre kommunikative Funktion in sozialen Handlungen untersucht.

☞ Soziologie, Sprachphilosophie

### mentalistisch, repräsentationell

- Sprache wird zu den internen mentalen Repräsentationen der SprachverwenderInnen in Beziehung gesetzt

☞ Sprachpsychologie, künstliche Intelligenz

# Ausdruckskomplexitäten

---

## in der natürlichen Sprache

- Morphem
- Wort, Lexem
- Phrase
- Satz
- Text, Diskurs, Dokument

**Bedeutungszuordnung kann auf all diesen Ebene erfolgen.**

## Produktivität von Bedeutung

---

- 1) Gestern sah ich einen gelben Wal auf dem Uni-Parkplatz.
- 2) Farblose grüne Ideen schlafen heftig.

1) ist auch beim ersten Hören / Lesen verständlich

- Vgl.  $93759,23 - 129,291 = 93629,939$

2) ist syntaktisch korrekt aber unverständlich

- Vgl.  $y = 0 \wedge x = y^{-1}$

## Grundannahme der Semantik-Analyse

- es existieren Regeln (Algorithmen), die die Beziehung zwischen (komplexen) sprachlichen Ausdrücken und Bedeutungen festlegen.
- Es gibt semantische Wohlgeformtheitsbedingungen.

## Kompositionalitätsprinzip (Frege)

---

### Die Bedeutung eines komplexen Ausdrucks

ergibt sich aus

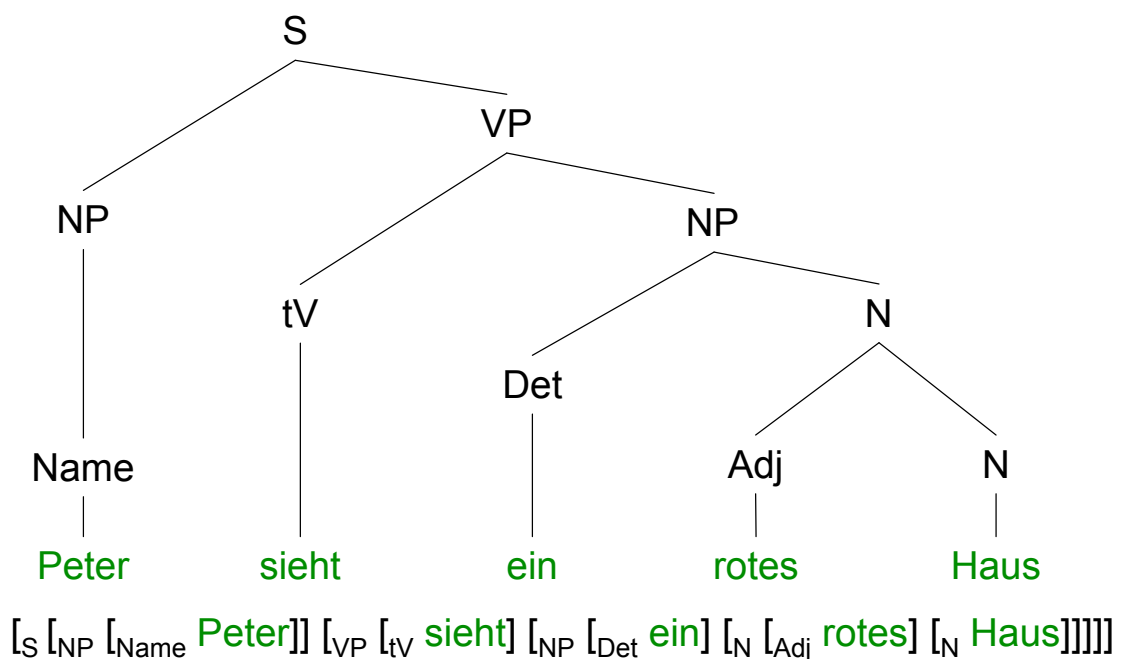
- der Bedeutung der Bestandteile und
- den (syntaktischen) Beziehungen zwischen ihnen.

### Relevanz der Syntax

- Träger von Bedeutung sind syntaktische Einheiten: Konstituenten
- syntaktische Wohlgeformtheit / Analyse ist Ausgangspunkt semantischer Analyse
  - Aber: die Pragmatik kommt auch oft ohne Syntax klar.

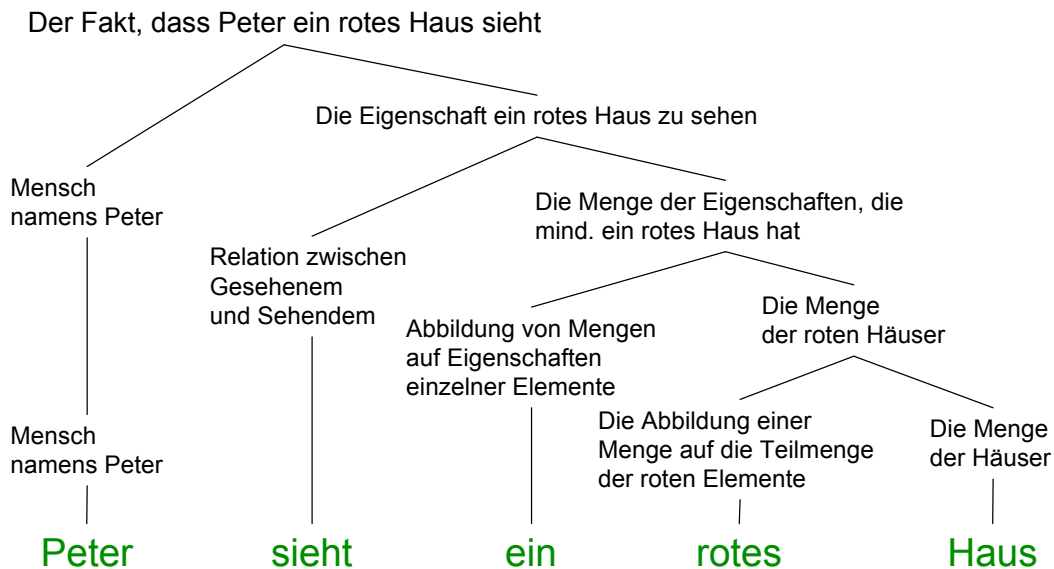
## Syntax: Peter sieht ein rotes Haus.

---



## Denotation: Peter sieht ein rotes Haus.

---



## Korrespondenz Syntax – Semantik

---

### Syntax

- Ausdrücke (Wörter, Konstituenten, Phrasen) gehören **syntaktischen Kategorien** an, die ihren grammatischen Kombinationsmöglichkeiten entsprechen.
  - Verb (intransitiv, transitiv, di-transitiv, ...), Verbalphrase
  - Nomen, Nominalphrase, Artikel, Determinator, Pronomen

### Semantik

- Die Bedeutungen der Ausdrücke haben unterschiedliche **semantische Typen**, die ihrer Funktion im Bedeutungsaufbau entsprechen
  - Proposition, Menge / Eigenschaft, Relation, Quantor, ...

# Syntax und Parsing

## Grundannahme

- Syntaktische Konstituenten sind die bedeutungstragenden Einheiten
- Wörter haben Bedeutung
- den syntaktischen Regeln entsprechen semantische Regeln

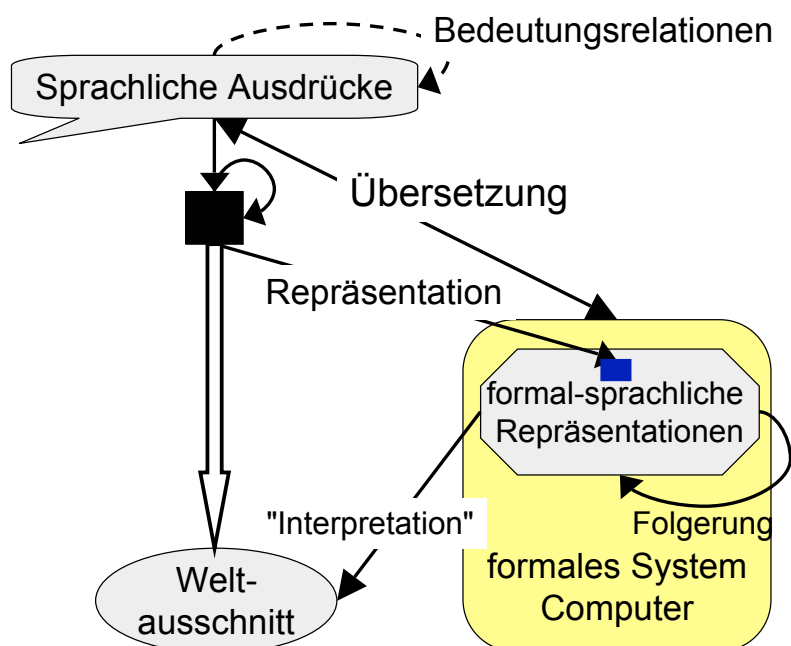
## Voraussetzung für Beschreibung der Semantik

- Syntax-Analyse
  - Grammatik
  - Parser

## Formale Linguistik

### Modellierung von Bedeutung

- durch Abbildung auf formal-sprachliche Ausdrücke mit fester Semantik
- deren semantische Relationen die Bedeutungsrelationen widerspiegeln



# Analysetechnik: Sprachfragmentbildung

---

## systematischer Sprachausschnitt

- Lexikon (Domäne, Wortarten)
- Grammatik (Syntax)

## Bedeutungsspezifikation in formalem Rahmenwerk

- Lexikalische Einträge
- Kompositionsregeln (Syntax-Nutzung)

## Erfassung von Aussagekraft und Beschränkungen

## Erweiterung von Sprachausschnitt und Spezifikation

## Fragment 1: Einfache (Haupt-) Aussagesätze

---

### und ihre Komponenten

- einfache Nominalphrasen
  - Peter, Laura: Eigennamen
  - ein rotes Haus, jeder Junge, kein Junge: Artikel (+ Adjektiv) + Nomen
- einfache Verbalphrasen
  - lacht, winkt: intransitive Verben
  - sieht: transitive Verben
- einfache Zusammensetzungen
  - und, oder: Konjunktionen auf Satz- und Verbalphrasenebene

### Beispiele in F1

- Peter lacht. Peter sieht ein rotes Haus. Kein Junge sieht Laura. Jeder Junge winkt.
- Peter lacht und winkt. Jeder Junge lacht oder winkt. Kein Junge lacht und Laura winkt. Ein Junge lacht und ein Junge winkt.

## Systematische Variationen (1)

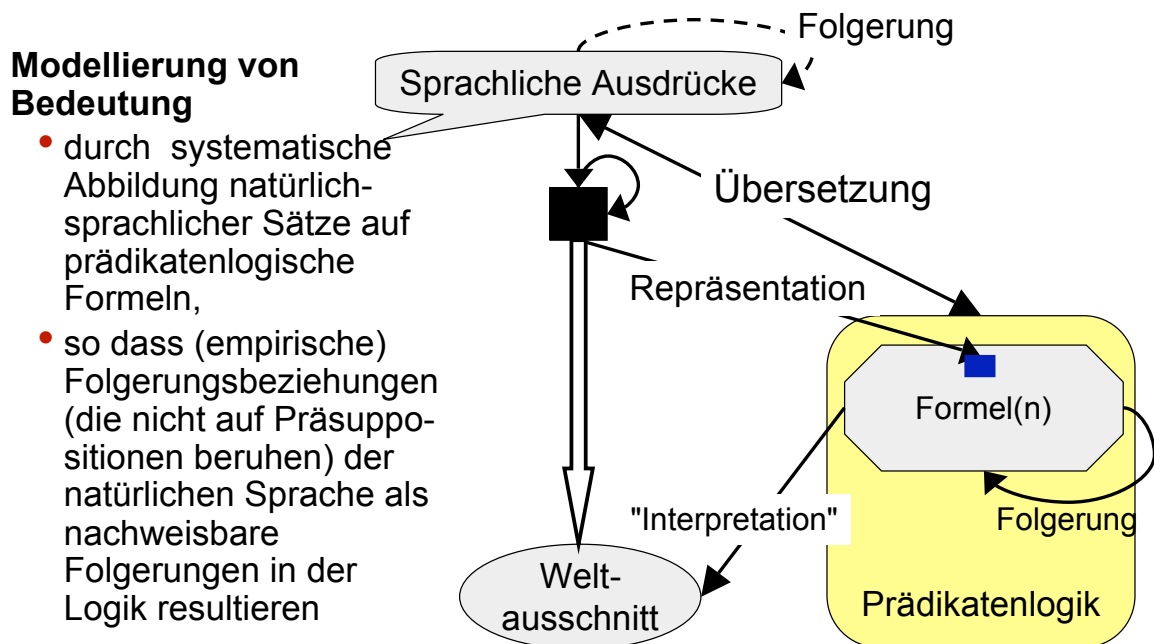
<p><b>NP-Variation</b></p> <p>[S [NP Peter] [VP lacht]].  [S [NP Ein Junge] [VP lacht]].  [S [NP Jeder Junge] [VP lacht]].  [S [NP Kein Junge] [VP lacht]].</p>	<p><b>VP-Konjunktion</b></p> <p>[S [NP Peter] [VP lacht und winkt]].  [S [NP Ein Junge] [VP lacht und winkt]].  [S [NP Jeder Junge] [VP lacht und winkt]].  [S [NP Kein Junge] [VP lacht und winkt]].</p>
<p><b>Satz-Konjunktion</b></p> <p>[S [S [NP Peter] [VP lacht]] und [S [NP Peter] [VP winkt]]].  [S [S [NP Ein Junge] [VP lacht]] und [S [NP ein Junge] [VP winkt]]].  [S [S [NP Jeder Junge] [VP lacht]] und [S [NP jeder Junge] [VP winkt]]].  [S [S [NP Kein Junge] [VP lacht]] und [S [NP kein Junge] [VP winkt]]].</p>	

## Systematische Variationen (2)

<p><b>NP-Variation</b></p> <p>[NP Maudi] [VP meselt].  [NP Ein Kosi] [VP meselt].  [NP Jeder Kosi] [VP meselt].  [NP Kein Kosi] [VP meselt].</p>	<p><b>VP-Konjunktion</b></p> <p>[NP Maudi] [VP meselt und diest].  [NP Ein Kosi] [VP meselt und diest].  [NP Jeder Kosi] [VP meselt und diest].  [NP Kein Kosi] [VP meselt und diest].</p>
<p><b>Satz-Konjunktion</b></p> <p>[NP Maudi] [VP meselt] und [NP Maudi] [VP diest].  [NP Ein Kosi] [VP meselt] und [NP ein Kosi] [VP diest].  [NP Jeder Kosi] [VP meselt] und [NP jeder Kosi] [VP diest].  [NP Kein Kosi] [VP meselt] und [NP kein Kosi] [VP diest].</p>	

Einige Aspekte der Satz-Bedeutung sind von der Bedeutung der Inhaltswörtern unabhängig

# Formale Linguistik



## Formale Darstellung von Bedeutungen

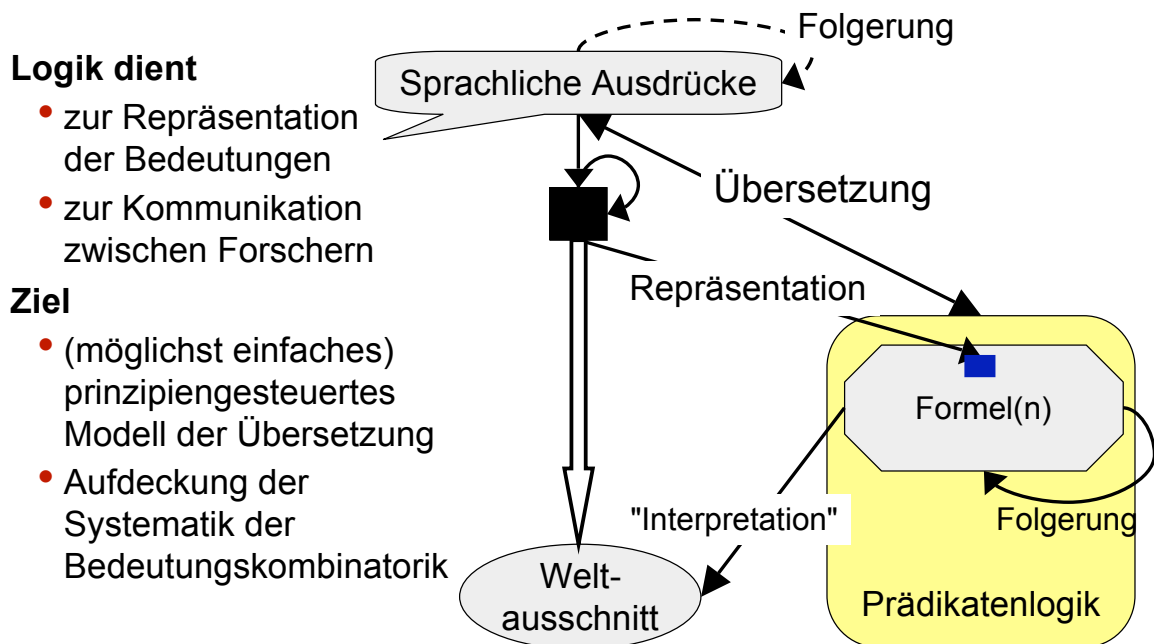
### Prädikatenlogik

- Formeln repräsentieren Wahrheitsbedingungen
- Prädikate, Funktions- und Relationssymbole repräsentieren Eigenschaften, Abbildungen und Relationen (die Inhalte)
- Konstanten repräsentieren Objekte
- Logische Symbole (Junktoren, Quantoren, Variablen) bieten Inventar für die Verknüpfung der Inhalte

### Lambda-Kalkül

- Lambda-Abstraktion erlaubt die Bildung von komplexen Prädikaten, Funktions- und Relationsausdrücken.
- Mächtiges Werkzeug für die Darstellung der Kombinationsregeln

# Formale Linguistik



## Prädikatenlogische Repräsentation: Inventar

### Nicht-logisches Inventar

- (freie, verfügbare Symbole)
- Konstanten: peter, ...
- Prädikate (einstellig): junge, lacht, winkt, ...

### Logisches Inventar

- (feste, logische Symbole)
- Junktoren, einstellig:  $\neg$  (Negation)
- zweistellig:  $\wedge$  (Konjunktion),  $\vee$  (Disjunktion),  $\Rightarrow$  (Implikation)
- Quantoren:  $\forall$  (All-Quantor),  $\exists$  (Existenzquantor)
- Variablen: x, y, z, ...

### Hilfssymbole

- Klammern, Komma

## Prädikatenlogische Repräsentation: formale Sprache

---

### Terme

- Konstanten
- Variablen
- (Kombinationen aus Funktionssymbolen und Termen)

### Formeln

- Kombinationen aus einem Prädikat und einem Term:  
 $lacht(peter)$ ,  $winkt(x)$ ,  $junge(y)$
- Kombinationen aus n-stelligen Relationssymbolen und n Termen:  $lacht(laura, peter)$
- Negation einer Formel:  $\neg lacht(peter)$
- Kombination von zwei Formeln mit einem zweistelligen Junktor:  $(winkt(peter) \wedge \neg lacht(peter))$
- Kombination aus Quantor, Variable und Formel:  $\exists x [lacht(x)]$

## Prädikatenlogik

---

### Logische Eigenschaften und Relationen

- gelten in allen Interpretationen
- sind unabhängig von der Interpretation der freien Symbole
- **Tautologie**, gültige Formel
  - **wahr** unter jeder Interpretation  
z.B.  $(lacht(peter) \vee \neg lacht(peter))$
- **Kontradiktion**, widersprüchliche Formel
  - **falsch** unter jeder Interpretation  
z.B.  $(lacht(peter) \wedge \neg lacht(peter))$
- **Folgerung**: aus  $F$  folgt  $G$ , wenn unter jeder Interpretation, in der  $F$  **wahr** ist, auch  $G$  **wahr** ist
  - z.B.  $(lacht(peter) \wedge winkt(peter)) \models lacht(peter)$

# Logische Eigenschaften und Relationen

## gelten unter allen Interpretationen

- in der Prädikatenlogik gibt es unendlich viele Interpretationen

## können durch Beweisverfahren festgestellt werden

- z.B. Resolution ( $\rightarrow$  FGI1-Vorlesung)
- z.B. Tableau-Beweiser ( $\rightarrow$  LOS/FGI3-Logik-Vorlesung)

## aber: Prädikatenlogik (PL) ist nur Semi-Entscheidbar

- für jedes Beweisverfahren gibt es eine Aufgabe, die es nicht (in endlicher Zeit) bearbeiten kann
- man muss damit rechnen, kein Ergebnis zu erhalten

## Bestimmte Fragmente der PL sind entscheidbar

## Diskussion

### Systematische Variationen

NP-Variation	VP-Konjunktion
$[\text{NP Peter}] [\text{VP lacht}]$ . lacht(peter)	$[\text{NP Peter}] [\text{VP lacht und winkt}]$ . lacht(peter) $\wedge$ winkt(peter)
$[\text{NP Ein Junge}] [\text{VP lacht}]$ . $\exists x$ [junge(x) $\wedge$ lacht(x)]	$[\text{NP Ein Junge}] [\text{VP lacht und winkt}]$ . $\exists x$ [junge(x) $\wedge$ (lacht(x) $\wedge$ winkt(x))]
$[\text{NP Jeder Junge}] [\text{VP lacht}]$ . $\forall x$ [junge(x) $\Rightarrow$ lacht(x)]	$[\text{NP Jeder Junge}] [\text{VP lacht und winkt}]$ . $\forall x$ [junge(x) $\Rightarrow$ (lacht(x) $\wedge$ winkt(x))]
$[\text{NP Kein Junge}] [\text{VP lacht}]$ . $\neg \exists x$ [junge(x) $\wedge$ lacht(x)]	$[\text{NP Kein Junge}] [\text{VP lacht und winkt}]$ . $\neg \exists x$ [junge(x) $\wedge$ (lacht(x) $\wedge$ winkt(x))]
Satz-Konjunktion	
$[\text{NP Peter}] [\text{VP lacht}]$ und $[\text{NP Peter}] [\text{VP winkt}]$ . lacht(peter) $\wedge$ winkt(peter)	
$[\text{NP Ein Junge}] [\text{VP lacht}]$ und $[\text{NP ein Junge}] [\text{VP winkt}]$ . $\exists x$ [junge(x) $\wedge$ lacht(x)] $\wedge$ $\exists y$ [junge(y) $\wedge$ winkt(y)]	
$[\text{NP Jeder Junge}] [\text{VP lacht}]$ und $[\text{NP jeder Junge}] [\text{VP winkt}]$ . $\forall x$ [junge(x) $\Rightarrow$ lacht(x)] $\wedge$ $\forall y$ [junge(y) $\Rightarrow$ winkt(y)]	
$[\text{NP Kein Junge}] [\text{VP lacht}]$ und $[\text{NP kein Junge}] [\text{VP winkt}]$ . $\neg \exists x$ [junge(x) $\wedge$ lacht(x)] $\wedge$ $\neg \exists y$ [junge(y) $\wedge$ winkt(y)]	