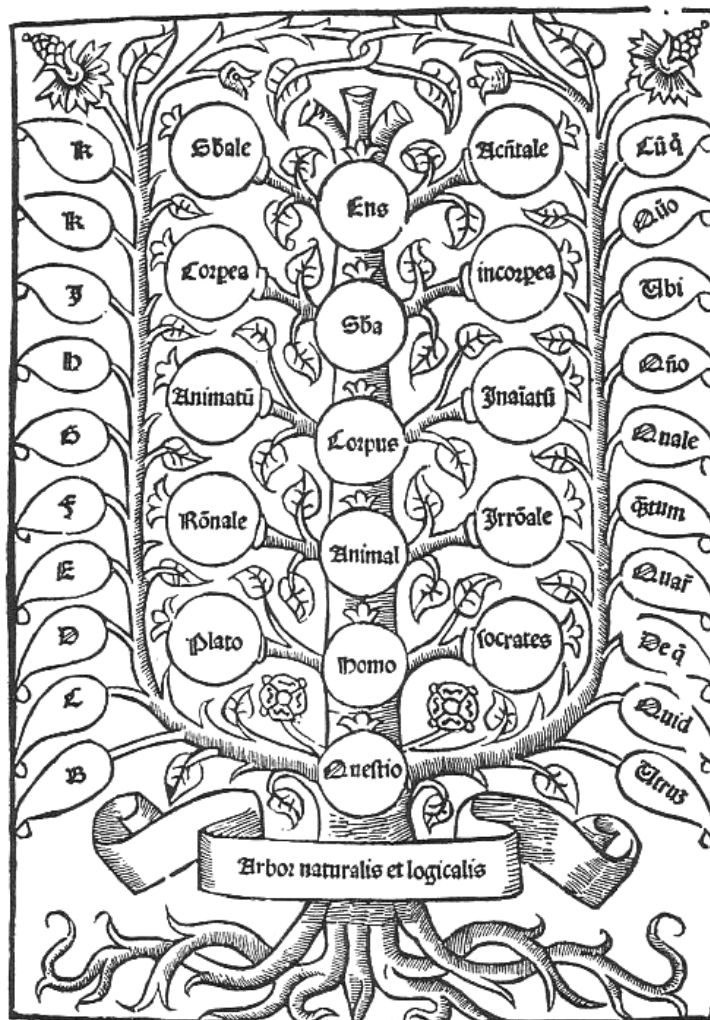


Einführung in die maschinelle Sprachverarbeitung

Wintersemester 2008/09



Inhaltsverzeichnis

I. Einführung	6
1. KI, Kognition und Sprache	6
1.1 Künstliche Intelligenz	6
1.2 Sprachliche Kommunikation	6
1.3 Pragmatische Wende (Wittgenstein)	6
1.4 Maschinelle Sprachverarbeitung	6
2. Geschichte und Anwendungen der Sprachverarbeitung	6
2.1 Zur Geschichte linguistischer Maschinen	6
2.2 Entwicklung wichtiger Methoden	6
2.3 Verarbeitungsebenen eines Sprachverarbeitungssystems	6
2.4 Sprachverarbeitende KI: Beispiele für Systemperformanz	6
2.5 Anwendungen in der Sprachverarbeitung	6
2.6 Wichtige Forschungsfragen der Sprachtechnologie	7
II. Domänenmodellierung	7
3. Domänenmodellierung	7
III. Lexikon	7
4. Lexikon	7
4.1 Lexikon	7
4.2 Wort und Begriff	7
4.3 Repräsentationsschemata, Lexikonrealisierungen	8
4.4 Hierarchische Lexika: Lexikalisch-semantische Wortnetze	8
5. Morphologie	8
5.1 Morphologie und morphologische Merkmale	8
5.2 Teilbereiche	9
5.3 Analyse von Wortbildungen, Wortformenerkennung, Lemmatisierung	9
5.4 Hierarchische Lexika	11
5.5 Adäquatheitskriterien für die morphologische Verarbeitung	12
5.6 Überschneidung Morphologie – andere Ebenen	12
5.7 Einbindung der Morphologie in Sprachverarbeitungssysteme	12

IV. Syntax	13
6. Satzaufbau, Strukturanalyse und Grammatikformalismen	13
6.1 Die grammatische Abbildung	14
6.2 Konstituenz und Dependenz	14
6.3 Forderungen an eine Grammatik für das Deutsche	15
6.4 Konstituentenstruktur: Kontextfreie Grammatiken	15
6.5 Generative Transformationsgrammatik	16
6.6 Kategorialgrammatik	19
7. Grammatikformalismen — Merkmale und Unifikation	20
7.1 Constraint-basierte Grammatikformalismen	20
7.2 PATR-II	22
7.3 Lexical Functional Grammar (LFG)	22
7.4 Definite Clause Grammar (DCG)	23
7.5 Construction Grammar (CG)	24
V. Semantik	25
8. Semantische Analyse und Repräsentation, Lexikalische Semantik	25
8.1 Aufgaben der semantischen Verarbeitung	25
8.2 Kompositionalität der Semantik-Konstruktion (Frege-Prinzip)	25
8.3 Probleme der semantischen Analyse	25
8.4 Lexikalische Semantik	26
8.5 Thematische Rollen, Tiefenkasus und Kasusgrammatik (Fillmore)	28
8.6 Semantische Netze	32
9. Semantikformalismen und semantische Auswertung	35
9.1 Conceptual Dependency als uninterpretierter Semantikformalismus	35
9.2 Quantorenlogik erster Stufe als Semantikformalismus?	38
9.3 Zum Semantikformalismus der Montague-Grammatik	38
9.4 Diskursrepräsentationstheorie	40
9.5 λ -DRT	41
9.6 Situationstheorie	50
VI. Pragmatik und Diskurs	51
10. Pragmatik	51
10.1 Aufgaben der pragmatischen Verarbeitung	51
10.2 Sprechakte	51
10.3 Referenz und Deixis	52
10.4 Präsuppositionen	53

10.5	Konversationsregeln und konversationelle Implikatur	53
10.6	Ellipsis	54
10.7	Kooperative Systemantworten	55
10.8	Pläne und Intentionen	56
10.9	Diskursstruktur	56
10.10	Dialogmodellierung und -management	56
VII. Tiefergehendes		58
11. Sprachgenerierung		58
11.1	Grundfragen der Generierung	58
11.2	Modell menschlicher Sprachproduktion (Wilhelm Levelt)	58
11.3	Modularisierung des Sprachgenerierungsprozesses	60
11.4	Inkrementelle Sprachproduktion	60
11.5	Generierung: Planungs- und Entscheidungsprozesse	60
11.6	Schemabasierte Textgenerierung	61
11.7	Planbasierte Äußerungsgenerierung	61
11.8	Formbestimmung und Wortwahl	61
11.9	Einsatz constraint-basierter Grammatikformalismen	62
11.10	Kopfgesteuerte Bottom-Up-Generierung (BUG)	62
11.11	Templates	62
11.12	Hybride BUG mit Templates	63
11.13	Architektur eines hybriden Generierungssystems	63
12. Domänenmodellierung mit Beschreibungslogik		63
13. Syntaxanalyse: Chart-Parsing		66
13.1	Aktive Chart-Analyse	66
13.2	Chartanalyse mit Unifikationsgrammatiken	68
13.3	Anmerkungen zu weiteren Parsing-Algorithmen	68
13.4	Logische Rekonstruktion der aktiven Chart-Analyse mit Constraint-Grammatiken	68
13.5	Chunk-Parsing	68
13.6	Robuste Analyse mit probabilistischen kontextfreien Grammatiken	69
13.7	Behandlung von Merkmalskonflikten	69
13.8	Historischer Exkurs: Parsing mit Pattern Matchern und Übergangnetzen (BTN, ATN)	70
14. Semantikonstruktion mit DRT		72
14.1	Implementation der λ -DRT	72
14.2	Anaphernresolution	72
14.3	Inkrementelle Anaphernresolution	77
14.4	Resolution von Pronomina, definiten NPs und Eigennamen	77

15. Morphologische Analyse und Generierung	77
15.1 Finite State Morphologie	77
15.2 Serielle Komposition	78
15.3 Koskenniemi's Zwei-Ebenen-Morphologie	78
VIII. Begriffe	81

Teil I.

Einführung

1. KI, Kognition und Sprache

1.1 Künstliche Intelligenz

1.2 Sprachliche Kommunikation

Linguistische Abstraktionsebenen: Syntax („Ordnung“), Semantik („Inhalt“), Pragmatik („Gebrauch“)

Bedeutung (reference, extension) vs. Sinn (meaning, intension) [Frege, Carnap]

Kommunikation (pragmatisch), Signifikation (semiotisch) [Platon]

Innativismus [Chomsky]

Strukturalismus [de Saussure]:

Menschliche Rede (langage) / Sprechen (parole) / Sprache (langue)
(→ Token vs. Type)

1.3 Pragmatische Wende (Wittgenstein)

1.4 Maschinelle Sprachverarbeitung

2. Geschichte und Anwendungen der Sprachverarbeitung

2.1 Zur Geschichte linguistischer Maschinen

2.2 Entwicklung wichtiger Methoden

2.3 Verarbeitungsebenen eines Sprachverarbeitungssystems

2.4 Sprachverarbeitende KI: Beispiele für Systemperformanz

2.5 Anwendungen in der Sprachverarbeitung

Teil II.

Domänenmodellierung

3. Domänenmodellierung

Formale Ontologie

Computational Logic: als formale Sprache, für das Inferenzproblem, für die Problemlösungsprozedur

Vorgehen:

1. Wovon soll die Rede sein?
2. Festlegung des Vokabulars der Domäne
3. Formulierung allgemeiner Regeln
4. Instanziierung
5. Anfragen an die Inferenzprozedur

Beispiel: (Schaltkreis)

Propositionale Einstellungen: z. B. „wissen“, „wollen“

Referentielle Transparenz: Ersetzbarkeit eines Ausdrucks durch einen äquivalenten Ausdruck

Teil III.

Lexikon

4. Lexikon

4.1 Lexikon

4.2 Wort und Begriff

4.3 Repräsentationsschemata, Lexikonrealisierungen

Mögliche Realisierungen:

- Als Teil der Grammatik
Wortformen sind Terminalsymbole der Grammatik, daher kann mit ihnen keine weitere Information assoziiert werden (Generalisierungen)
- Vollformenlexikon
Ein eigener Lexikoneintrag für jede Wortform
Lexikalische Kategorien sind Terminalsymbole der Grammatik
Hohe Redundanz
- Lexemlexikon
Ein eigener Lexikoneintrag für jedes Wort
Ersetzung der lexikalischen Kategorie durch die Wortform geschieht durch eine morphologische Komponente

4.4 Hierarchische Lexika: Lexikalisch-semantische Wortnetze

(Thesauri)

Grundbeziehungen in Wortnetzen:

- Lexikalische Relationen
 - Synonymie — Antonymie
- Konzept-Relationen
 - Hyponymie — Hypernymie: hierarchiebildend
 - Meronymie — Holonymie: Teil-Ganzes-Beziehungen
 - Kausation: töten → sterben, öffnen → offen
 - Entailment: gelingen \subset versuchen

5. Morphologie

5.1 Morphologie und morphologische Merkmale

Morphologie ist die Lehre von den Klassen und Formen der Wörter mit

Wortklassen

Flexion (Beugung)

Derivation (Wortableitung)

Gesund-heit, Freund-schaft, Mann-schaft

Komposition (Wortzusammensetzung)

Sprach-wissenschaft, Schiff-fahrts-gesellschaft, Schul-hof

Morphem die kleinste bedeutungstragende Einheit der Sprache auf der Inhalts- und Formebene

Phonem die abstrakte Klasse aller Laute (Phone), die in einer gesprochenen Sprache die gleiche bedeutungsunterscheidende (distinktive) Funktion haben

5.2 Teilbereiche

Morphotaktik beschreibt den Aufbau von Wortformen aus Morphen

sag+st, ras+st, bad+st, Mutter+*Umlaut*

Morphophonologie beschreibt phonologisch motivierte lautliche (graphemische) Änderungen der Morphe bei der Zusammenfügung zu Wortformen

sag+st → sagst, ras+st → rast, Mutter+*Umlaut* → Mütter

Morphosyntax ist die Interpretation der syntaktischen Information, die sich aus der Wortform ergibt

ras+st: 2. Pers. Sg. Ind. Präs. des Verbs *rasen*

5.3 Analyse von Wortbildungen, Wortformenerkennung, Lemmatisierung

Morphem – Allomorphe:

wolf – { wolf, wolv }

Segmentierung:

- Allomorphe: learn/ing
- Silben: lear/ning
- Phoneme: l/e/r/n/i/ng
- Buchstaben: l/e/a/r/n/i/n/g

Morphotaktische Prozesse

- Konkatenation von Morphen: geh+st → gehst
- Nicht-konkatenative Operationen, z. B. Umlautung

Morphophonologische Prozesse

Epenthese Einfügen eines Morphems: badst → badest

Elision Tilgen eines Phonems: ras+st → rast

Änderung der Lautqualität z. B. Auslautverhärtung: Rad ≈ Rat

Flexion

Derivation

Komposition

Komposition

determinativ (endozentrisch): ⟨Spezifikum⟩ ⟨Klasse⟩

Handtuch, liebestoll

possessiv (exozentrisch): ⟨Spezifikum⟩ ⟨Eigenschaft⟩ ⟨∅ Träger⟩

Beim Possessivkompositum besteht wie beim Determinativkompositum ein Determinationsverhältnis. Jedoch wird über das Zweitglied hinausgehend (exozentrisch) eine andere Entität denotiert als das Zweitglied.

Determinativkompositum: *Gesichtsmilch*

Possessivkompositum: *Milchgesicht*

kopulativ (symmetrisch): ⟨Eigenschaft⟩ ⟨Eigenschaft⟩

Strichpunkt, taubstumm

nicht zuordbar z. B. Vergissmeinnicht

Hauptproblem: die Relation zwischen den Wortbestandteilen erscheint nicht an der Oberfläche! ⇒ Apfelsinenschale

Wortformenerkennung

Suche einer Beschreibung im Hinblick auf:

- Kategorisierung (Wortklasse, Oberflächenform)
- Lemmatisierung

⇒ Zweistufiges Vorgehen

Methoden zur Wortformenerkennung:

- Wortformen-Methode: Vollformenlexikon
 - + : einfacher Mustervergleichs-Algorithmus
 - : Lexikonerzeugung aufwändig, Speicherbedarf, Neologismen?
- Morphem-Methode: Lexikon analysierter Morpheme (Segmentierung in Allomorphe, Allomorphe→Morpheme, Analyselexikon)
 - + : minimales Analyselexikon
 - : Analysealgorithmus NP-vollständig

- Allomorph-Methode: Lexikon analysierter Allomorphe
+ : einfach Segmentierung durch Mustervergleich – : (etwas größeres Lexikon)

Lemmatisierung

Hauptprobleme:

- Erkennen von Präfixen als Flexionsmaterial:
gekommen vs. *gewähren*, *aufgegessen* → *aufessen*
- Umlautreduktion: *Häuser* → *Haus*
- Elision: *wechsle*
- Irreguläre Flexionsformen

Mehrdeutigkeiten:

- Mehrere Segmentierungsmöglichkeiten:
rastet – *rasen* oder *rasten*?
Staubecken, *Wachstube*, ...
- Mehrere mögliche Interpretationen durch Flexionsmerkmale: *große*
 - ohne Artikel (PL [M F N (NOM AKK)])
 - best. Artikel (SG [M F N (NOM)] [F N (AKK)])
 - unbest. Artikel (SG [F (NOM AKK)])
- syntaktisch/semantisch verschiedene Grundformen:
arm: Adjektiv oder Nomen?
weg: Nomen oder Präfix?

Probleme von Lexika

- Eigennamen: lexikalisch unbekannte Wörter als Eigennamen annehmen, Erkennung über syntaktische Analyse
- Schreibfehler: Ähnlichkeitsvergleiche, Einsatz von syntaktischem, semantischem, pragmatischem Wissen
Die Kindergertnerin past auf keine Kinder auf, dern Eltern berufsfähig sind.

5.4 Hierarchische Lexika

DATR ist eine Repräsentationssprache für lexikalische Information, die

- die notwendige Ausdruckskraft hat, um Lexikoneinträge von constraint-basierten (Unifikations-)Grammatiken darzustellen,

- alle wichtigen Generalisierungen über implizite Informationen in diesen Einträgen darstellen kann,
- eine explizite Inferenz-Theorie und
- eine deklarative Semantik hat,
- effizient implementierbar ist.

DATR is a language for lexical knowledge representation.

The lexical knowledge is encoded in a network of nodes. Each node has a set of attributes encoded with it. A node can represent a word or a word form.

(→ Default-Vererbung)

5.5 Adäquatheitskriterien für die morphologische Verarbeitung

- linguistische
 - Beobachtungsadäquatheit
 - Beschreibungsadäquatheit
 - Erklärungsadäquatheit
- informatische
 - Korrektheit und Vollständigkeit
 - Effizienz
 - Wartbarkeit

5.6 Überschneidung Morphologie – andere Ebenen

- Morphologie – Phonologie
z. B. Silbifizierung: im Dunkeln – die dunklen Schatten
- Morphologie – Syntax
z. B. Gapping: An- und Verkauf
- Morphologie – (Wort-)Semantik
z. B. Polysemie: der König sandte – der Rundfunk sendete
- Morphologie – Pragmatik
z. B. Stil: mit dem Herz – mit dem Herzen

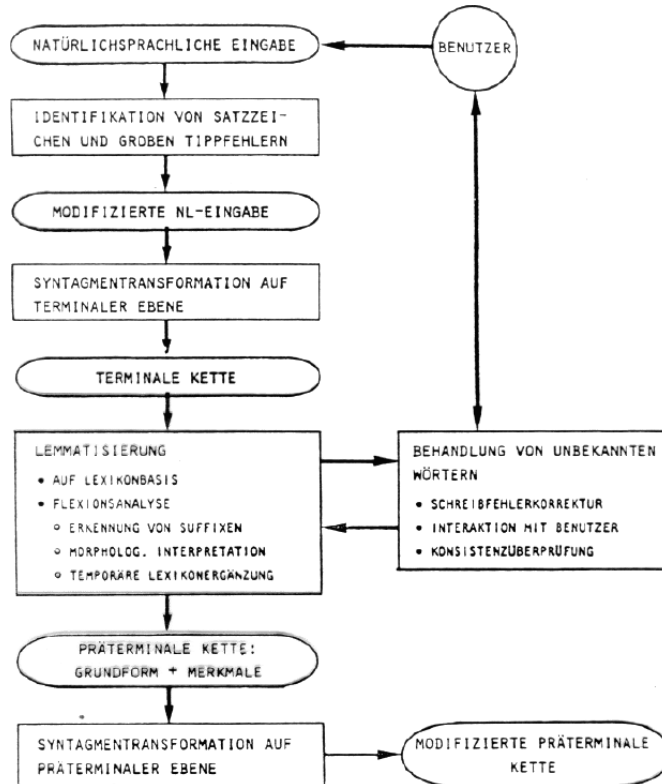
5.7 Einbindung der Morphologie in Sprachverarbeitungssysteme

Verknüpfung mit anderen Komponenten:

- Syntax: Lemmatisierung, Kongruenz, Subkategorisierung
- Phonologie: Ausspracheregeln, phonologische Prozesse
- Semantik: Wortbildungssemantik

Beispiel:

Kontrollfluss der lexikalischen Analyse in HAM-ANS:



Teil IV. Syntax

6. Satzaufbau, Strukturanalyse und Grammatikformalismen

(Universalgrammatik: Chomskys Language Aquisition Device (LAD))

6.1 Die grammatische Abbildung

(...)

6.2 Konstituenz und Dependenz

Konstituenz Teil-Ganzes-Relation: beschreibt, *wie* Ketten von Elementen zusammengesetzt sind \leadsto Phrasenstrukturgrammatik (Konstituentenstrukturgrammatik)

Dependenz geht über das Kriterium der bloßen Form hinaus und bezeichnet ein Abhängigkeitsverhältnis sprachlicher Elemente.

Standardmodell (Tesnière): Verb hat zentrale Position, alle nominalen Einheiten hängen direkt von ihm ab (\leadsto Valenztheorie).

(Dependenzparser z. B. von Joakim Nivre, basierend auf Shift-Reduce)

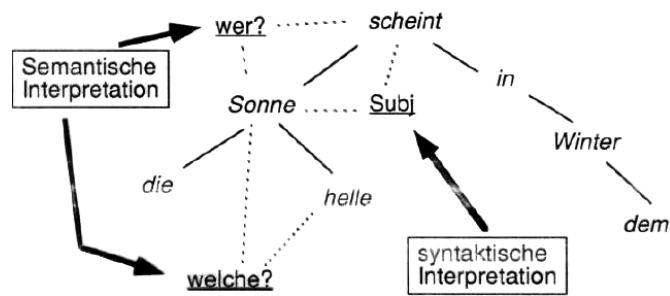
Valenz Eigenschaft von Verben und Substantiven, Leerstellen zu eröffnen, die durch andere Satzglieder abgesättigt werden können.

Anordnung Starke (NP, PP) und schwache Anordnungsrestriktionen, Einfluss der Satzperspektive (Thema/Rhema)

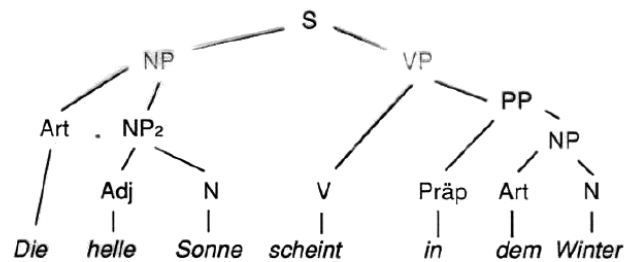
Rektion/Selektion Forderung eines bestimmten Merkmals bei einem Aktanten (Rektion: morphologisches Merkmal, insbesondere Kasus)

Kongruenz Übereinstimmung von Wortformen bzgl. strukturell definierter morphosyntaktischer Merkmale (Kasus, Person, Genus)

Dependenz (Beispiel: Head und Modifizier):



Konstituenz (Beispiel IC-Analyse):



6.3 Forderungen an eine Grammatik für das Deutsche

1. Flexions- und Kongruenzregeln
2. Variable Satzgliedstellung
3. Diskontinuierliche Konstituenten
4. Koordination

6.4 Konstituentenstruktur: Kontextfreie Grammatiken

Syntaktische Mehrdeutigkeit: *Time flies like an arrow.*

Chomsky-Normalform:

$A \rightarrow BC$ oder $A \rightarrow d$.

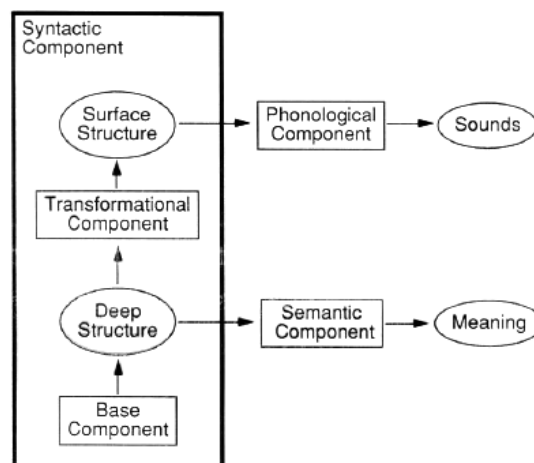
Zu jeder kontextfreien Grammatik G mit $\varepsilon \notin L(G)$ gibt es eine *schwach äquivalente* Grammatik G' in Chomsky-Normalform (d.h. gleiche Sprache, aber anderer Ableitungsbaum).

Probleme:

- Merkmals-Übereinstimmung
- Diskontinuierliche Komponenten: *Der Mann zog den Hund, den er hatte, hinter sich her.*
- Zuweisung ähnlicher Strukturen an ähnliche Sätze: Aktiv–Passiv

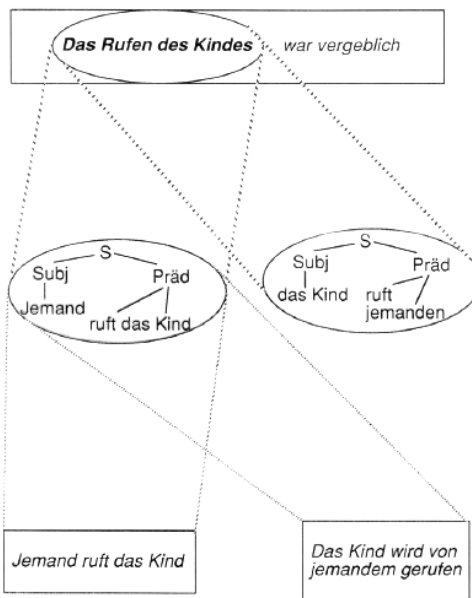
6.5 Generative Transformationsgrammatik

Die Standardversion bei Chomsky besteht aus einem Erzeugungsteil (Basis), der Tiefenstrukturen erzeugt, die im Transformationsteil nach einzelsprachlich (z. B. englisch, deutsch) unterschiedlichen Transformationen in die Oberflächenstrukturen überführt werden und dabei eine semantische und eine phonologische Interpretation erfahren. Die Basis dieser Grammatik ist syntaktisch. Eine solche Grammatik liefert also für jeden Satz, den sie generiert (hervorbringt), eine Tiefen- und eine Oberflächenstruktur sowie die Bedeutung und die lautliche Realisation.



Basis-Komponente ist eine CFG, sie erzeugt P-Marker
Transformations-Komponente ist eine Menge von Produktionsregeln

Oberflächenstruktur und Tiefenstruktur



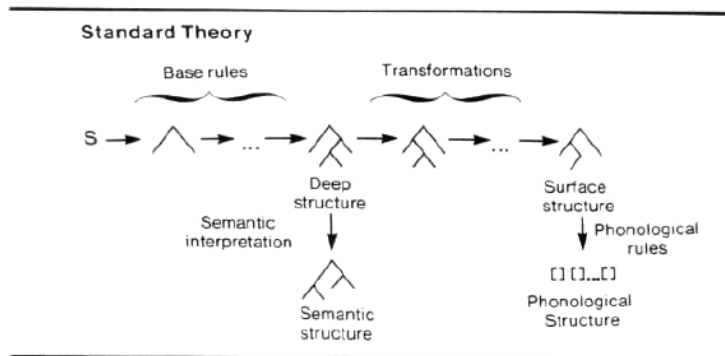


Figure C-1. The standard theory.

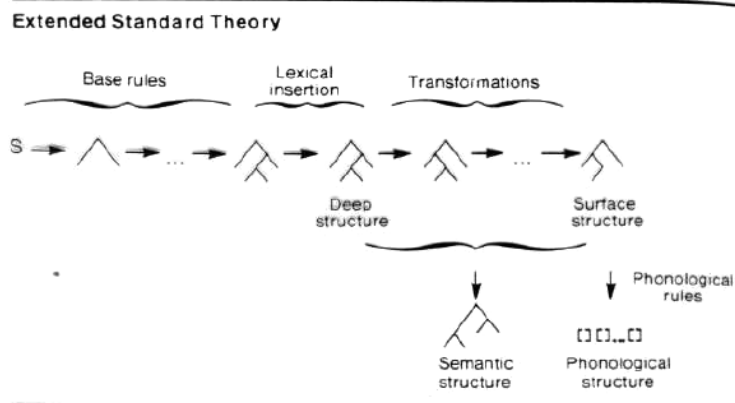


Figure C-2. The extended standard theory.

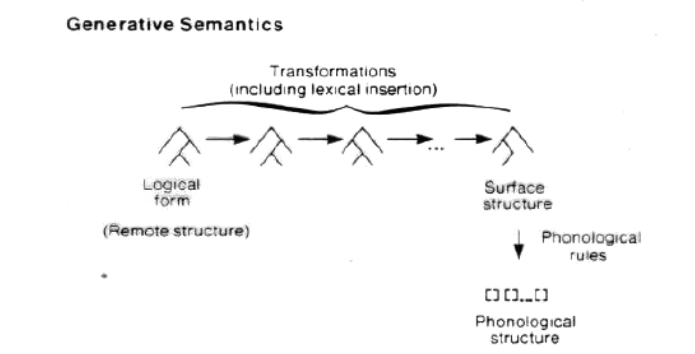


Figure C-3. The generative semantics model.

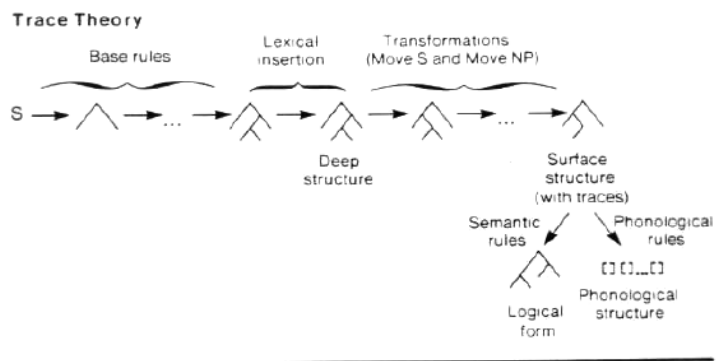


Figure C-6. The trace theory model.

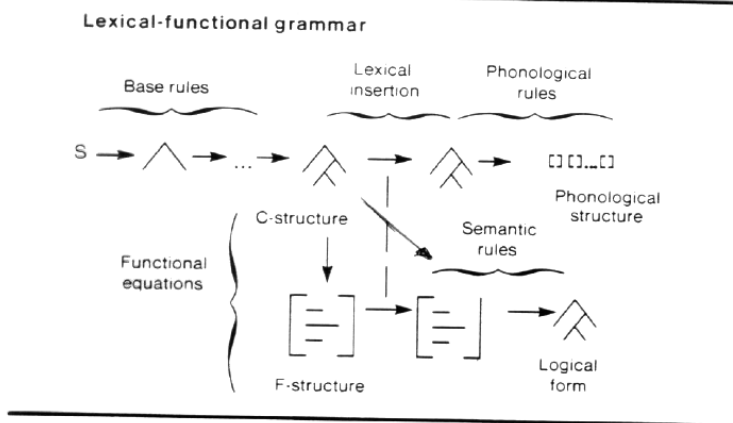


Figure C-8. Lexical-functional grammar.

6.6 Kategorialgrammatik

Grammatische Information zum größten Teil im Lexikon.

Struktur:

$A/B, B \rightsquigarrow A$

$B, A \setminus B \rightsquigarrow A$

Verben: $S \setminus NP$

Artikel, Quantoren: NP/N

Adjektive: N/N

Probleme: Behandlung diskontinuierlicher Strukturen

7. Grammatikformalismen — Merkmale und Unifikation

7.1 Constraint-basierte Grammatikformalismen

(<http://www.sil.org/pcpatr/manual/pcpatr.html#overview>)

Üblicherweise: PSG + Constraints

Constraints: Relationen auf linguistischen Beschreibungen, die Wohlgeformtheits-Bedingungen ausdrücken (z. B. $\langle \text{NP head agr} \rangle = \langle \text{VP head agr} \rangle$)

Merkmalsstrukturen

$$\left[\begin{array}{l} \text{STAMM: "hund"} \\ \text{AGR: } \left[\begin{array}{l} \text{CASUS: } \textit{gen} \\ \text{GENUS: } \textit{mas} \\ \text{NUMERUS: } \textit{sing} \end{array} \right] \end{array} \right]$$

Ein Pfad bezeichnet eine Folge von Attributnamen einer Merkmalsstruktur:

$A(\langle \text{AGR CASUS} \rangle) = \textit{gen}$

Koreferenz: Zwei oder mehr Attribute enthalten den selben Wert.

Schreibweise: Zahlen in Kästchen oder Variablensymbole.

$$\left[\begin{array}{l} X_1, \dots, X_n: \boxed{1} \\ Y_1, \dots, Y_n: \boxed{1} \end{array} \right] \quad \left[\begin{array}{l} X_1, \dots, X_n: \boxed{1} \ a \\ Y_1, \dots, Y_n: \boxed{1} \end{array} \right]$$

$$\langle X_1, \dots, X_n \rangle = \langle Y_1, \dots, Y_n \rangle \quad (= a)$$

Subsumption

$$\left[\begin{array}{l} \text{CAT: } NP \\ \text{STEM: "Hund"} \\ \text{AGR: } \left[\begin{array}{l} \text{NUMERUS: } sing \\ \text{PERSON: } third \end{array} \right] \end{array} \right] \geq \left[\begin{array}{l} \text{CAT: } NP \\ \text{AGR: } \left[\begin{array}{l} \text{NUMERUS: } sing \\ \text{PERSON: } third \end{array} \right] \end{array} \right] \geq$$

$$\left[\begin{array}{l} \text{CAT: } NP \\ \text{AGR: } \left[\text{NUMERUS: } sing \right] \end{array} \right] \geq \left[\text{CAT: } NP \right] \geq \left[\right]$$

vs.

$$\left[\begin{array}{l} \text{CAT: } NP \\ \text{AGR: } \left[\text{NUMERUS: } sing \right] \end{array} \right] - \left[\begin{array}{l} \text{CAT: } NP \\ \text{AGR: } \left[\begin{array}{l} \text{CASUS: } acc \\ \text{PERSON: } third \end{array} \right] \end{array} \right]$$

$$\left[\begin{array}{l} \text{CAT: } NP \\ \text{AGR: } \left[\text{NUMERUS: } sing \right] \end{array} \right] - \left[\begin{array}{l} \text{CAT: } NP \\ \text{AGR: } \left[\text{NUMERUS: } plural \right] \end{array} \right]$$

Kombination durch Unifikation

(7.16ff)

“Vereinigt” man

$$\left[\begin{array}{l} \text{CAT: } NP \\ \text{AGR: } \left[\text{NUMERUS: } sing \right] \end{array} \right] \quad \left[\begin{array}{l} \text{CAT: } NP \\ \text{AGR: } \left[\begin{array}{l} \text{CASUS: } acc \\ \text{PERSON: } third \end{array} \right] \end{array} \right]$$

so entsteht

$$\left[\begin{array}{l} \text{CAT: } NP \\ \text{AGR: } \left[\begin{array}{l} \text{CASUS: } acc \\ \text{PERSON: } third \\ \text{NUMERUS: } sing \end{array} \right] \end{array} \right]$$

7.2 PATR-II

Der Constraint-Grammatik-Formalismus PATR-II (PATR: *parsing and translation*) verwendet eine attributierte kontextfreie Grammatik.

Zwei Regeltypen:

- Lexikalische Regeln:
 - $N \rightarrow \text{Hund}$
 - $(N \text{ stem}) = \text{Hund}$
 - $(N \text{ agr number}) = \text{singular}$
 - $(N \text{ agr person}) = 3$
 - $(N \text{ agr casus}) = \text{nom}$
- Konstituentenstruktur-/Grammatik-Regeln:
 - $S \rightarrow NP VP$
 - $(NP \text{ cat}) = np$
 - $(VP \text{ cat}) = vp$
 - $(S \text{ cat}) = s$
 - $(NP \text{ head agr}) = (VP \text{ head agr})$
 - $(S \text{ head}) = (VP \text{ head})$
 - $(S \text{ head subj}) = (NP \text{ head})$

Beispiel:

```
1 Rule S -> NP VP (SubC1)
2   <NP head agr> = <VP head agr>
3   <NP head case> = NOM
4   <S subj>      = <NP>
5   <S head>      = <VP head>
6
7 Rule NP -> {(Det) (AJ) N (PrepP)} / PR
8   <Det head number> = <N head number>
9   <NP head>         = <N head>
10  <NP head>         = <PR head>
```

7.3 Lexical Functional Grammar (LFG)

C-Struktur (constituent structure) + F-Struktur (functional structure)

↑: übergeordneter Knoten ↓: aktueller Knoten

Grammar rules:

$$S \rightarrow \text{NP VP}$$

$$(\uparrow \text{ Subject})=\downarrow \quad \uparrow=\downarrow$$

$$\text{NP} \rightarrow \text{Determiner Noun}$$

$$\text{VP} \rightarrow \text{Verb} \left(\begin{array}{c} \text{NP} \\ \uparrow=\downarrow \end{array} \left(\begin{array}{c} \text{NP} \\ \uparrow=\downarrow \end{array} \left(\begin{array}{c} \text{NP} \\ \uparrow=\downarrow \end{array} \right) \right) \right)$$

Lexical entries:

<i>a</i>	Determiner	(\uparrow Definiteness) = Indefinite (\uparrow Number) = Singular
<i>baby</i>	Noun	(\uparrow Number) = Singular (\uparrow Predicate) = 'Baby'
<i>girl</i>	Noun	(\uparrow Number) = Singular (\uparrow Predicate) = 'Girl'
<i>handed</i>	Verb	(\uparrow Tense) = Past (\uparrow Predicate) = 'Hand<(\uparrow Subject), (\uparrow Object), (\uparrow Object-2)>'
<i>the</i>	Determiner	(\uparrow Definiteness) = Definite
<i>toys</i>	Noun	(\uparrow Number) = Plural (\uparrow Predicate) = 'Toy'

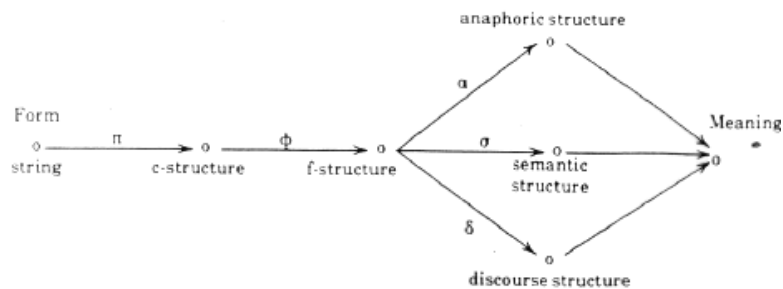


Figure 4. Decomposition of Γ

7.4 Definite Clause Grammar (DCG)

Grundidee: Interpretation von kontextfreien Regeln als allquantifizierte Formeln, wobei jedes nichtterminale Symbol der Grammatik als Prädikat dargestellt wird.

$$S \rightarrow \text{NP VP}$$

$$\forall X, Y, Z : \text{NP}(X) \wedge \text{VP}(Y) \wedge \text{append}(X, Y, Z) \rightarrow S(Z)$$

Prolog (mit hinzugefügten Merkmalen):

- 1 s --> np(Number), vp(Number).
- 2 np(Number) --> det(Number), n(Number).
- 3 vp(Number) --> iv(Number).
- 4 det(singular) --> [ein]. % Terminale Symbole
- 5 n(singular) --> [hund]. % in Listenklammern
- 6 iv(singular) --> [schlaeft].

$\text{:- } s([\text{ein}, \text{hund}, \text{schl\u00e4eft}], []).$
yes

Mit den Regeln k\u00f6nnen Tests assoziiert werden:
 $S \rightarrow NP(N), VP(V), \{ \text{agree}(N, V) \}$

7.5 Construction Grammar (CG)

Wichtige Konzepte:

- Muster („Baupl\u00e4ne“): Allgemeine („core“) und spezialisierte Konstruktionen
- Nicht-Derivationalit\u00e4t: Keine unterschiedlichen Strukturebenen, die Form und Interpretation trennen
- Unifikationsbasiertheit: Die syntaktisch-semantiche CG-Analyse eines Konstrukts wird erkl\u00e4rt durch Constraint-erf\u00fcllungs-Beziehungen zu den Konstruktionen, die es lizenzieren
- Valenz: Br\u00fccke zwischen Syntax und Semantik

In CxG ist die grammatische Konstruktion wie allgemein in der Semiotik eine Verbindung aus Form und Bedeutung (form-meaning pair). Der formale Teil der Konstruktion gibt an, wie die Konstruktion im Satz realisiert wird. Er wird h\u00e4ufig als syntaktisches Muster oder Schema bezeichnet, umfasst jedoch \u00fcber die reine Syntax hinaus auch noch phonologische Aspekte, wie Prosodie und Intonation. Der Bedeutungsteil enth\u00e4lt sowohl die semantische als auch die pragmatische Bedeutung der Konstruktion. Er besteht aus konzeptuellen Strukturen unterschiedlicher Art und wird h\u00e4ufig mit den begrifflichen Mitteln der Frame-Semantik ausgedr\u00fcckt. Form und Bedeutung sind in der von Langacker vertretenen Art und Weise \u00fcber symbolische Relationen miteinander verkn\u00fcpft. Dies bedeutet, dass die Beziehung zwischen Form und Inhalt willk\u00fcrlich, d.h. durch Bildung von Konventionen, festgesetzt wird (sie ist arbitr\u00e4r). Wie bei W\u00f6rtern ist es nicht m\u00f6glich aus der Kenntnis des Inhalts auf die Form zu schlie\u00dfen oder umgekehrt.

Eine Konstruktion wird demnach wie ein sprachliches Zeichen oder Symbol aufgefasst, das hei\u00dft, alle strukturellen Aspekte, die zur Verwendung des Zeichens relevant sind, sind im Zeichen selbst enthalten und nicht - wie im Komponentenmodell - \u00fcber eine Vielzahl von Modulen verteilt. Als Konsequenz daraus sind nicht nur lexikalisierte Konstruktionen, wie beispielsweise feststehende idiomatische Wendungen, sondern auch abstraktere grammatische Konstruktionen, wie etwa Argumentstrukturen, Verkn\u00fcpfungen aus Form und (konventionalisierter) Bedeutung. So geht man zum Beispiel davon aus, dass das ditransitive Schema [S V IO DO] (also [Subjekt Verb IndirektesObjekt DirektesObjekt]) die Bedeutung „X MACHT, DASS Y Z ERH\u00c4LT“ tr\u00e4gt, genauso wie X hat Hummeln in Xs Hintern „X ist ungeduldig und nerv\u00f6s“ bedeutet und X t\u00f6tet Y „X MACHT, DASS Y STIRBT“. In CxG sind also alle Konstruktionen unabh\u00e4ngig von ihrer formalen oder semantischen Komplexit\u00e4t und Auspr\u00e4gung Verkn\u00fcpfungen aus Form und Bedeutung und demnach exakt wie W\u00f6rter aufgebaut. Einige Vertreter der Konstruktionsgrammatik w\u00fcrden sogar noch dar\u00fcber hinausgehend behaupten, dass s\u00e4mtliche sprachliche Einheiten, die sowohl hinsichtlich ihrer Form als auch hinsichtlich ihrer Bedeutung bestimmbar sind, Konstruktionen darstellen, wie zum Beispiel Phrasenstrukturen, idiomatische Wendungen, W\u00f6rter und sogar Morpheme.

Teil V.

Semantik

8. Semantische Analyse und Repräsentation, Lexikalische Semantik

8.1 Aufgaben der semantischen Verarbeitung

Semantikkonstruktion Bestimmung des semantischen Potentials der Eingabeketten auf Grundlage linguistischen Wissens

Semantische Resolution Bestimmung des aktuellen semantischen Wertes (Disambiguierung, Identifikation von Referenzobjekten) mit Kontextwissen

Semantische Auswertung Bestimmung der „relevanten Äußerungsinformation“ mit Hilfe von Inferenzmechanismen unter Verwendung von Weltwissen

Semantikformalismen:

- Klassische Linguistik: Etymologie, Bedeutungsverschiebungen
- Logikorientierte Semantiken: (quantoren)logische Beschreibung einzelner Sätze, Wahrheitswertzuordnung im Modell
Beispiel: Montague-Semantik
- Wissensrepräsentation: KI-Ansätze: Wissensbasis, effiziente Verarbeitung. Beispiel: CD-Theorie
- Diskursrepräsentationstheorie
- Situationssemantik

8.2 Kompositionalität der Semantik-Konstruktion (Frege-Prinzip)

„Die Bedeutung eines Satzes ergibt sich aus der Bedeutung der einzelnen Wörter und der syntaktischen Struktur.“

8.3 Probleme der semantischen Analyse

1. Skopus

- Quantoren: „Every man loves some woman.“
- Negation: „Jeder Abteilungsleiter liest nicht einen Bericht.“

2. Satzoperatoren und -adverbien: „Ich glaube, dass“, „hoffentlich“, „vermutlich“, ...

3. Modifizierende Ausdrücke

- Hecken: „ziemlich“, ... (↔ Fuzzy-Logik)
- „Nonintersectives“: „angeblich“, „durchschnittlich“, „Scherz“, ...

4. Genitiv-Interpretation: „Die Begründung der Projektgruppe ist mangelhaft“

5. Koordination:

- „X1 und X2 werden im Probebetrieb gefahren“ (jeweils)
- „Siemens und Philips kooperieren“ (zusammen, nicht jeder mit einem anderen)

6. Vagheit

- Mehrdeutigkeit
 - Homonymie: Schloss (etymologisch verschiedene Wurzeln)
 - Polysemie: Läufer (etymologisch eine Wurzel, semantische Ähnlichkeit)
 - Synaktische Ambiguität
 - Referentielle Vieldeutigkeit: dort
 - Elliptische Vieldeutigkeit: Fangen wir an!
 - Metaphorische Vieldeutigkeit: Kopf
- Vagheit im engeren Sinne
 - Porosität: Schwergutfrachter
Der Begriff der semantischen Porosität wurde geprägt für solche Fälle, in denen die Wahrheit eines Prädikats nur für faktisch relevante (oft heißt das: bekannte) Dimensionen spezifiziert ist. Pinkal selbst bringt ein Beispiel, das unbedingt fachsprachliche Gültigkeit beanspruchen kann:
„Ist eine Substanz, die in allen chemischen und physikalischen Eigenschaften mit Gold übereinstimmt, dazu aber eine unbekannte Strahlung emittiert, Gold?“
 - Relativität: groß, langsam; schwierig
 - Inexaktheit: Otto ist 1.80m groß.
 - Randbereichunschärfe: rund, hier, am Hals
- Ontologische Vagheit: begabt

8.4 Lexikalische Semantik

Lexikalische Relationen: Synonymie, Antonymie

Konzept-Relationen: Hyponymie, Meronymie, Kausation, Entailment, Kreuzklassifikation

Sorten- und Selektionsrestriktionen

Die Bedeutung eines Wortes schränkt die Bedeutung anderer Wörter ein, die mit ihm zusammengehen können: *grün* ist nur als Modifikator für physische Objekte zulässig.

- Disambiguierung durch unterschiedliches Selektionsverhalten
- unterschiedlich spezifische Sortenbeschränkungen
- Verwendung von Sortenverbänden (\rightarrow formale Ontologien)
- Selektionsrestriktionen durch Sortenverträglichkeit
 \Rightarrow direkte Resolution von inkonsistenten Lesarten bei der Semantikkonstruktion

Modellierung: Durch getypte Merkmalsformalisten und Unifikation oder in einer logischen Sprache wie Beschreibungslogiken.

Kollektive Prädikate, Gruppenobjekte, Stoffbegriffe

- Distributive Prädikate: Inferenz von der Gruppe auf ihre (individuellen) Teile möglich
- Kollektive Prädikate: Inferenz von der Gruppe auf ihre (individuellen) Teile nicht möglich
 \Rightarrow individuelle „Standard“-objekte und Gruppenobjekte, Verknüpfung durch Teil-von-Relation
- Gruppenobjekte: NPs im Plural
- Stoffbegriffe: keine elementaren Objekte als Referenz
 \Rightarrow Einführung einer Stoffdomäne in die formale Ontologie

Davidsonsche Ereignissemantik

Jones buttered the toast.

Jones buttered the toast slowly in the bathroom with a knife.

Nach u.a. Montague (1973) oder Stalnaker (1973), analysiert man einen solchen Satz so, dass das Verb *butter* eine binäre Relation zwischen den nominalen Ausdrücken im ersten Satz darstellt. Die Adverbien im zweiten Satz sind verbale Modifikatoren, d.h. sie sind Funktionen von Verben nach Verben:

$$\text{butter}(j, t)$$

$$[\text{with}(k)(\text{in}(b)(\text{slowly}(\text{butter})))](j, t)$$

Der Vorschlag von Davidson plädiert aus verschiedenen Gründen dafür verbale Prädikate als dreistellige Relation zwischen einer impliziten Ereignisvariable und den nominalen Rollen wie oben zu analysieren. Die Ereignisvariable ist dann stets existenziell quantifiziert. Modifikatoren können beliebig konjunktiv hinzuaddiert werden:

$$\exists e : \text{butter}(e, j, t)$$

$$\exists e : \text{butter}(e, j, t) \wedge \text{slowly}(e) \wedge \text{in}(e, b) \wedge \text{with}(e, k)$$

8.5 Thematische Rollen, Tiefenkasus und Kasusgrammatik (Fillmore)

Tiefenkasus (Charles Fillmore)

Neben den syntaktischen und funktionalen Relationen bestehen in einem Satz auch semantische Relationen, die *Tiefenkasus* genannt werden.

Tiefenkasus + Transformationen → syntaktische Ausprägung.

Eine bestimmte Tiefenkasusrolle ist pro Satz nur einmal vertreten.

Tiefenkasus (Fillmore, 1968):

- **Agentiv** Ausführender
- **Instrumentalis** beteiligte unbelebte Kraft oder Objekt
- **Dativ** belebter Betroffener
- **Faktiv** resultierendes Objekt
- **Lokativ** lokale Position eines Zustands oder einer Tätigkeit
- **Objektiv** unbelebte betroffene Objekte

Tiefenkasus II (Fillmore, 1981):

- **Agent** belebter Ausführender
- **Counter Agent** Kraft oder Widerstand
- **Object** von der Handlung betroffener Gegenstand
- **Result** Ergebnis
- **Instrument** Auslöser oder unmittelbare physische Kraft
- **Source** Ausgangsort
- **Goal** Zielort
- **Experiencer** Betroffener

Thematische Rollen (Ray Jackendoff)

Ähnliches Konzept: Agens, Goal, Theme, Source, ...

Lexikoneintrag mit thematischen Rollen:

schlagen V, ⟨VP⟩, (AGENT, THEME, INSTR)

Zuordnung thematischer Rollen (Chomsky: Government and Binding):

Theta-Kriterium Nur eine thematische Rolle pro NP, jede mit einem Prädikat assoziierte Rolle muss zugewiesen werden.

Projektionsprinzip

Im Rahmen der *Rektions-Bindungs-Theorie* angenommenes Prinzip, demzufolge Knoten, die auf einer bestimmten syntaktischen Strukturebene sprachlicher Repräsentation angesetzt werden, auch auf anderen syntaktischen sprachlichen Strukturebenen vorhanden sein müssen.

Im Rahmen der Rektions-Bindungs-Theorie wird angenommen, dass minimale syntaktische Einheiten die Spezifikationen ihrer Subkategorisierung und ihrer logischen Argumente auf alle syntaktischen Ebenen der Ableitung übertragen (Perkolation), womit das Projektionsprinzip für Leere Kategorien wie PRO und pro (Pro-Drop-Parameter) verantwortlich gemacht wird.

Semantische Klassifikation von Verben bei Gerling/Orthen

LS Logische Struktur

VZ Valenzzahl (obligatorisch/fakultativ)

SMA Semantische Analyse

VM Inhärente Valenz-Merkmale

Funktoren: Merkmale, die die Valenzmerkmale spezifizieren

Modifikatoren: Inhärente, valenzirrelevante Merkmale

SBM Selektionsbeschränkungen der Mitspieler

Beispiel: „lauf-“ (transitiv)

LS $a R b c d e$

VZ $2 + (3) = 5$

SMA

Funktoren: /-Zustand/, /+Aktivität/, /+bewegt/, /+Hilfsmittel/

Modifikatoren: /auf festem Untergrund/, /+schnell/, /+horizontal/

VM

a : /+Agens/

b : /+(Source) (Path) (Goal)/

c : /+(Instr)/

SBM

a : (+lebendig) b : (+fest), (+lokal) c : (+organisch)

Kasusgrammatik nach Fillmore

Semantisch-thematische Relationen/Rollen als zentrale Beschreibungsmittel für die Bedeutung und die syntaktische Struktur von Sätzen.

Basis:

$S \rightarrow \text{ModalProposition}$

Modal \rightarrow (Negation)Auxiliary(Adverb)

Proposition \rightarrow Verb(\langle Case $\rangle \dots$)

...

Agent \rightarrow Prep[+Agt]NP[+Agt, etc.]

NP \rightarrow DetNom

Lexikon (Kasusrahmen):

give [+Neutr +Dat -Loc -Instr +Agt]

open [+Neutr -Dat -Loc]

blame [+Neutr (Prep "for") +Agt +Dat (Prep „on“) -Loc -Instr]

Thematische Rollen vs. syntaktische Funktionen

Passivumwandlung:

Hans (A) zertrümmert das Fenster (O) mit dem Hammer (I).

Das Fenster (O) wird von Hans (A) mit dem Hammer (I) zertrümmert.

Oder:

Hans zahlte dem Mann einen Euro für das Buch.

Hans kaufte das Buch von dem Mann für einen Euro.

1 Euro: THEME des primären Ereignisses (Zahlen)

Buch: THEME des sekundären Ereignisses (Empfangen)

Mann: GOAL des primären Ereignisses, SOURCE des sekundären Ereignisses

Hans: AGENT beider Ereignisse

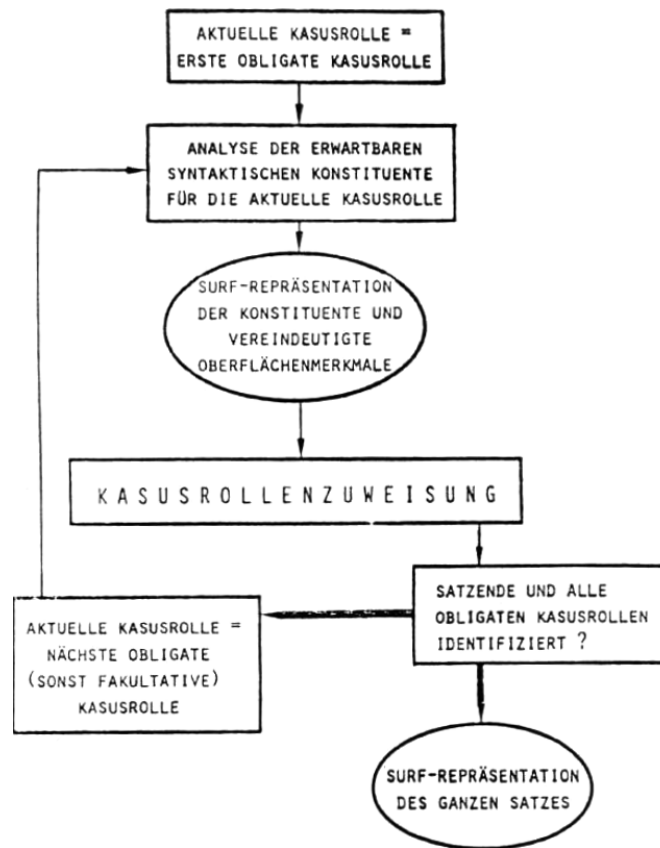
Lösen von Sortenkonflikten durch Reinterpretation

Beispiel: *Wir treffen uns am besten nach Stuttgart.*

- Direktionales nach nicht interpretierbar (Verletzung der Selektionsbeschränkung)
- Reinterpretation der NP *Stuttgart* als Temporalangabe (Sortenanpassung)
- Disambiguierung durch semantische Zusatzinformation bei Gattungssubstantiven über ihre typische Verwendung (bei Verben mit verschiedenen Lesarten)
 - Oma hat das Buch angefangen.*
 - \rightarrow *Oma hat das Buch zu lesen angefangen.*
 - \rightarrow *Oma hat das Buch zu schreiben angefangen.*

HAM-ANS:

KASUSRAHMENSTEUERUNG: KONTROLLFLUSS



Was macht die Kasustheorie für Sprachverarbeitungssysteme so attraktiv?

- Tiefenkasusrollen stellen eine erste semantische Interpretation eines Satzes dar
- Auflösung syntaktischer Mehrdeutigkeiten mit Hilfe der semantischen Eigenschaften von Kasusrollen
- Ein Kasusinventar kann für die Bedürfnisse eines speziellen Diskursbereichs zusammengestellt werden
- Tiefenkasusrollen (im Gegensatz zu syntaktischen Beziehungen) sind an Handlungen, Zuständen, Vorgängen orientiert.

Analyse

Zu bestimmen, welche Satzteile für welche Kasusrolle in Betracht kommen durch:

- Kasusrahmen des Verbs
- semantische Eigenschaften (insbes. Nomen)
- Oberflächenmerkmale (Präposition, Kasus)

Generierung

Zu bestimmen, ob und wie eine Kasusrolle sprachlich ausgedrückt werden soll:

- Satzstellung
- Verbauswahl
- Erzeugung von Präpositionen und Oberflächenkasus

8.6 Semantische Netze

„Großvater aller semantischen Netze“: *Semantic Memory* (Ross Quillian)

Die Wortbedeutung ergibt sich aus der Verbindung mit anderen Konzepten.

Vergleich von Konzepten: Finden von Pfaden zu gemeinsam erreichbaren Konzepten.

Inferenztechnik: *Spreading Activation*

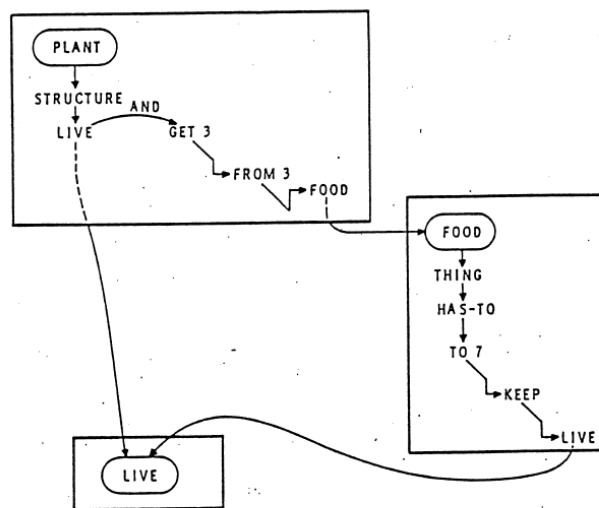


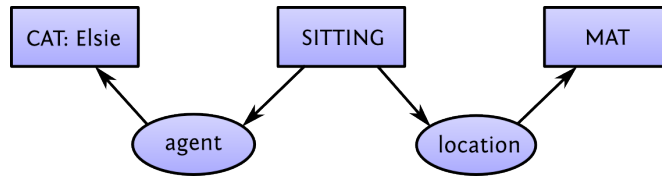
FIG. 2a. Two Paths Direct from Plant to Live.

Klassenhierarchien: *ISA*-Kante

(keine eindeutige Verwendungskonvention: class – instance vs. super-class – class)

(~> Default-Vererbung)

Conceptual Graphs (John Sowa)

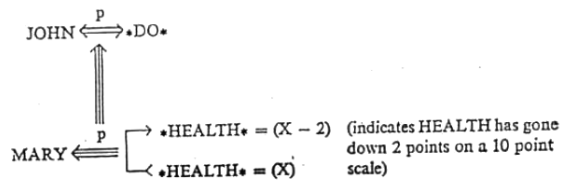


Conceptual Dependency Networks

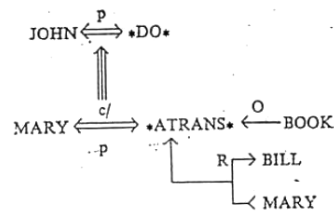
(Conceptual Dependency: s.u.)

Netze zur Repräsentation der Satzbedeutung
Conceptual Dependency Networks

“John hurts Mary”
“John prevented Mary from giving a book to Bill”



and



Reduktion auf (12) primitive “ACTS” und konzeptuelle Abhängigkeiten. Anwendung für “linguistische” Inferenzen.

Kritik semantischer Netze:

- Welche Bedeutung sollen die Knoten haben: Generische Konzepte, hypothetische Individuen, faktische Individuen?

- Welche Bedeutung haben die Kanten zwischen Knoten: strukturell, werterestringierend, Annahmen über Werte, faktische Werte?
- Was bedeutet die ISA-Kante: Individuierung, striktes Subkonzept, Vererbungskante (mit Ausnahmebehandlung)?
- Semantische Netze sind i.a. nicht ausdrucksstark genug, um die Bedeutung von Sätzen eindeutig zu repräsentieren: Quantifizierung, mehrstellige Prädikate, Intensionalität vs. Extensionalität.

⇒ Benötigt: Semantik der semantischen Netze!

Frames

A Framework for Representing Knowledge (Marvin Minsky):

Here is the essence of the theory: When one encounters a new situation (or makes a substantial change to one's view of a problem), one selects from memory a structure called a frame. This is a **remembered framework to be adapted to fit reality** by changing details as necessary.

A frame is a data-structure for **representing a stereotyped situation** like being in a certain kind of living room or going to a child's birthday party. Attached to each frame are several kinds of information. Some of this information is about how to use the frame. Some is about what one can expect to happen next. Some is about what to do if these expectations are not confirmed.

We can think of a frame as a **network of nodes and relations**. The „top levels“ of a frame are fixed, and represent things that are always true about the supposed situation. The lower levels have many terminals — „slots“ that must be filled by specific instances or data. Each terminal can specify conditions its assignments must meet. (The assignments themselves are usually smaller „subframes.“) Simple conditions are specified by markers that might require a terminal assignment to be a person, an object of sufficient value, or a pointer to a sub-frame of a certain type. More complex conditions can specify relations among the things assigned to several terminals.

Collections of related frames are linked together into frame-systems. The effects of important actions are mirrored by transformations between the frames of a system. These are used to make certain kinds of calculations economical, to represent changes of emphasis and attention, and to account for the effectiveness of „imagery“.

The meaning of a child's birthday party is very poorly approximated by any dictionary definition like "a party assembled to celebrate a birthday", where a party would be defined, in turn, as "people assembled for a celebration". This lacks all the flavor of the culturally required activities. Children know that the "definition" should include more specifications, the particulars of which can normally be assumed by the way of default assignments:

DRESS:	SUNDAY BEST.
PRESENT:	MUST PLEASE HOST. MUST BE BOUGHT AND GIFT-WRAPPED.
GAMES:	HIDE AND SEEK. PIN TAIL ON DONKEY.
DECOR:	BALLOONS. FAVORS. CREPE-PAPER.
PARTY-MEAL:	CAKE. ICE-CREAM. SODA. HOT DOGS.
CAKE:	CANDLES. BLOW-OUT. WISH. SING BIRTHDAY SONG.
ICE-CREAM:	STANDARD THREE-FLAVOR.

Dämonen?!

„Frames may contain both procedural and declarative knowledge. Slot values normally amount to declarative knowledge, but a daemon is in effect a small program. So a slot with a daemon in it amounts to procedural knowledge.“

(<http://www.cwa.mdx.ac.uk/bis2040/JohnLects/01bkb05p.ppt>)

9. Semantikformalismen und semantische Auswertung

9.1 Conceptual Dependency als uninterpretierter Semantikformalismus

(R. C. Schank)

(<http://www.cse.iitd.ernet.in/~saroj/CD.pdf>)

This theory was developed by Schank in 1973 to 1975 to represent the meaning of NL sentences such that it helps in drawing inferences and is independent of the language.

CD representation of a sentence is not built using words in the sentence rather built using conceptual primitives which give the intended meanings of words.

CD provides structures and a specific set of primitives from which representation can be built.

Typen

PP „picture producer“, handelnde oder behandelte (belebte) Objekte

ACT aus den elf primitiven Aktionen

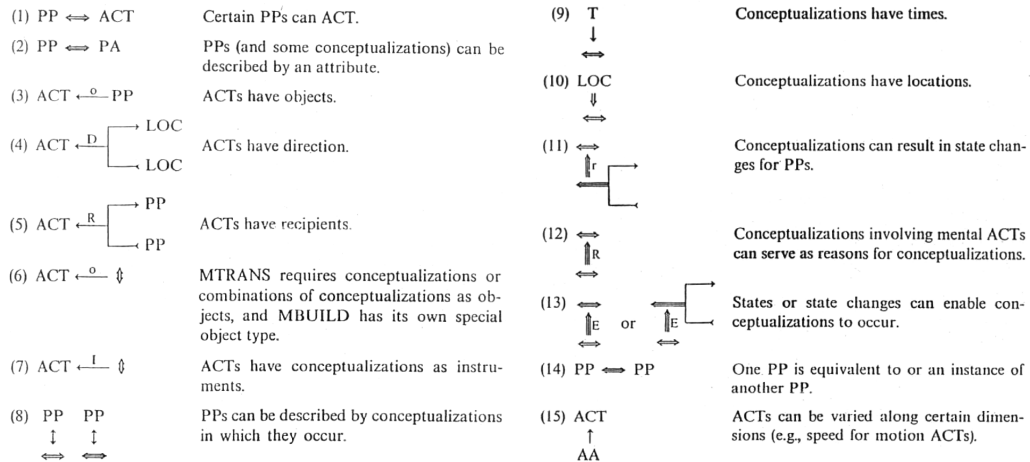
LOC Ort, Raumkoordinaten

T „time“, absolute oder relative Angabe auf einer Zeitachse

AA „action aider“, Modifikatoren von ACTs

PA Status/Wert-Paare als charakteristische Merkmale von PPs

„Syntax“ der Typen



Conceptual Tenses

z. B. *p* (past), / (negation), *c* (conditional), *ts* (start of transition), ...

Primitive Actions

- ATRANS Transfer of an abstract relationship (i.e. give)
- PTRANS Transfer of the physical location of an object (e.g., go)
- PROPEL Application of physical force to an object (e.g. push)
- MOVE Movement of a body part by its owner (e.g. kick)
- GRASP Grasping of an object by an action (e.g. throw)
- INGEST Ingesting of an object by an animal (e.g. eat)
- EXPEL Expulsion of something from the body of an animal (e.g. cry)
- MTRANS Transfer of mental information (e.g. tell)
- MBUILD Building new information out of old (e.g. decide)
- SPEAK Producing of sounds (e.g. say)
- ATTEND Focusing of a sense organ toward a stimulus (e.g. listen)

Memory

CP („Conceptual Processor“), *IM* (Intermediate Memory),
LTM (Long Term Memory)

States

z. B. Health (−10 bis +10), Fear (−10 bis 0), Color, Ownership, ...

Beispiel

(siehe oben)

Advantages of CD

- Using these primitives involves fewer inference rules.
- Many inference rules are already represented in CD structure.
- The holes in the initial structure help to focus on the points still to be established.

Disadvantages of CD

- Knowledge must be decomposed into fairly low level primitives.
- Impossible or difficult to find correct set of primitives.
- A lot of inference may still be required.
- Representations can be complex even for relatively simple actions. Consider: *Dave bet Frank five pounds that Wales would win the Rugby World Cup.*
Complex representations require a lot of storage

(<http://www.cs.cf.ac.uk/Dave/AI2/node69.html>)

Scripts

Beispiel:

S asks for menu:

S MTRANS signal to W

W PTRANS W to table

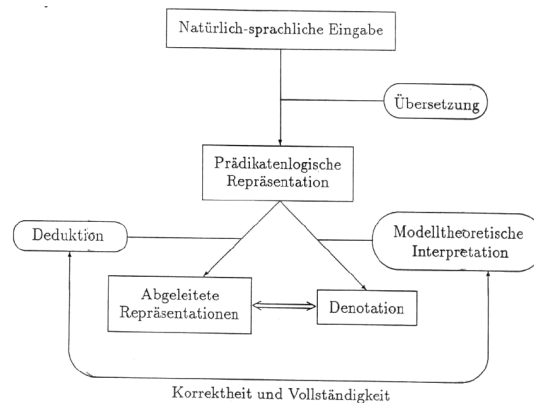
S MTRANS „need menu“ to W

W PTRANS W to menu

W PTRANS W to table

W ATRANS menu to S

9.2 Quantorenlogik erster Stufe als Semantikformalismus?



Vorteile:

- Intuitive Transparenz durch denotationale Semantik (Tarski)
- Deduktionskalküle als kontrollierte Werkzeuge zur semantischen Auswertung

Nachteile:

- Semantikkonstruktion zunächst offen: intuitive Assoziierung von Sätzen mit logischen Formeln?
- nicht ausdrucksstark genug: z. B. „generische Objekte“ („Das Mammut ist ausgestorben.“), „Peter ist promovierter Informatiker.“ vs. „Peter ist leidenschaftlicher Informatiker.“
- Kompositionalität erfordert Substitutionsprinzip: denotatgleiche Ausdrücke dürfen füreinander ersetzt werden – hier problematisch:
Es ist nicht schön, dass Peter ununterbrochen arbeitet.
Peter hat Erfolg genau dann, wenn er ununterbrochen arbeitet.
 \Rightarrow *Es ist nicht schön, dass Peter Erfolg hat. ??*

9.3 Zum Semantikformalismus der Montague-Grammatik

Lösung der Teilprobleme:

- Problem der Modellstruktur: **Intensionalisierung**
 „Prädikatsabstraktion über die Weltvariable“
 Problem: Temporale Bestimmungen, propositionale Einstellungen, Modalausdrücke
Asterix lebt in Gallien.
 Mit intensionaler Operator-PP:

In der Welt von Asterix und Obelix lebt Asterix in Gallien.

$\Rightarrow \lambda w$ Asterix lebt in w in Gallien.

- Problem der Syntax: **Typenlogik**
- Problem der Semantikonstruktion: **λ -Kalkül**

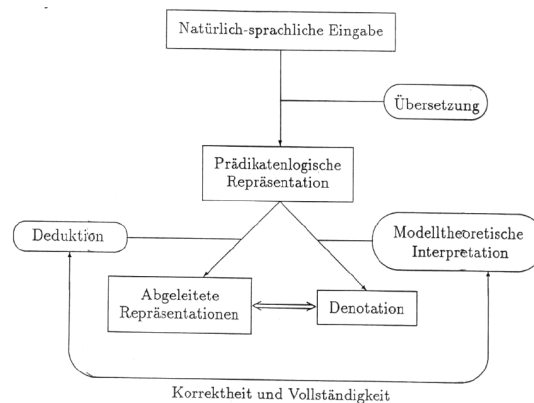
Typenlogik und λ -Kalkül

Typen:

1. e (entity, Individuen) und t (truth, Sätze) sind Typen.
2. Sind σ und τ Typen, so ist auch $\langle \sigma, \tau \rangle$ ein Typ.

Grundidee: $\langle \sigma, \tau \rangle \hat{=} \sigma \rightarrow \tau$

- Prädikatkonstanten („Student“, „arbeiten“, „verheiratet“): $\langle e, t \rangle$
- Zweistellige Relationen („kennt“): $\langle e, \langle e, t \rangle \rangle$ (Currying!)
- Adjektive (als Prädikatsmodifikatoren): $\langle \langle e, t \rangle, \langle e, t \rangle \rangle$
- \rightarrow Gradmodifikatoren („ziemlich“): $\langle \langle \langle e, t \rangle, \langle e, t \rangle \rangle, \langle \langle e, t \rangle, \langle e, t \rangle \rangle \rangle$
- Satzmodifikationen („gestern“, „immer“): $\langle t, t \rangle$
- Präpositionen: $\langle e, \langle t, t \rangle \rangle$



λ -Abstraktion:

Wenn u Variable vom Typ Φ , α Ausdruck vom Typ Ψ , dann ist $\lambda u.\alpha$ ein Ausdruck vom Typ $\langle \Phi, \Psi \rangle$.

λ -Konversion (β -Konversion?):

Einsetzen von B für v : $\lambda v.A(B) = A[v/B]$

α -Konversion:

Umbenennen von Variablen: $\lambda v.A = \lambda w.A[v/w]$

Quantoren werden als Relationen zwischen Prädikaten definiert (nicht SOL, da nur Einsetzung). Typ: $\langle\langle e, t \rangle, \langle\langle e, t \rangle, t \rangle\rangle$

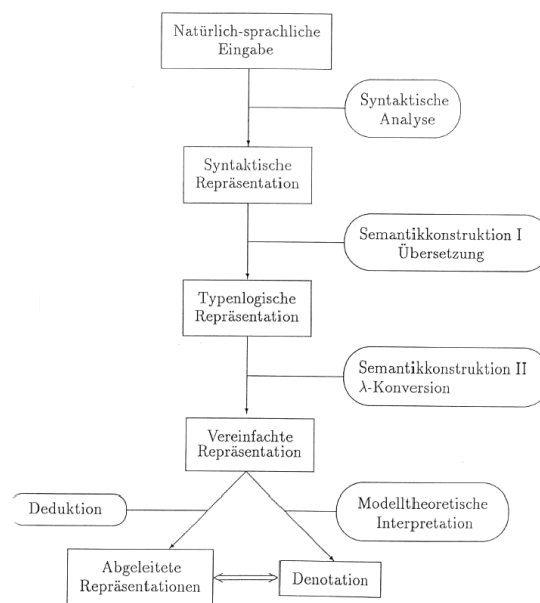
jeder(x)(y) $\Leftrightarrow x \subseteq y$

die-meisten(x)(y) $\Leftrightarrow |x \cap y| \geq |x \cap \bar{y}|$

Mit λ -Abstraktion: Normale Quantoren...

$\lambda P \lambda Q \forall x (P(x) \rightarrow Q(x)) (\text{Student})(\text{arbeitet})$

Semantische Analyse in der Montague-Grammatik:



Probleme:

Typenlogik als Repräsentationsformalismus problematisch, wenn semantische Strukturen als echte Phänomene höherer Stufen beschrieben werden (Entscheidbarkeit). Semantische Resolution auf Satzebene beschränkt.

9.4 Diskursrepräsentationstheorie

Motivation:

- Eselssätze: *Wenn Pedro einen Esel besitzt, schlägt er ihn.*
Indefiniter Artikel wird wie ein Allquantor interpretiert!

- Wahrheitsbedingungen der einzelnen Tempora

Logische Form, aber ohne explizite Darstellung von Quantoren.

Aufbau: Diskursreferenten + Bedingungen

Operatoren auf DRSen: \neg, \Rightarrow, \vee

Konstruktion von DRSen (Kamp)

→ ausgehend von Syntaxbaum

- Regel für indefinite Nominalphrasen: Neuer Diskursreferent x + neue Bedingung, im Baum NP durch x ersetzen.
- Regel für Personalpronomen: Neuer Diskursreferent x , Wahl eines alten DR y , $x = y$, Pronomen durch x ersetzen.

Zugänglichkeitsbedingungen: Zugriff auf gleiche und übergeordnete Ebenen möglich, Ausnahme bei „ \Rightarrow “

Bei „seltsamen“ Sätzen wie „Jeder Hund hat einen Knochen. Er frisst ihn.“ müssten die Zugänglichkeitsbedingungen verletzt werden → Frege.

Prädikative DRS führt keine neuen Diskursreferenten ein: $\lambda x.hund(x)$

Partielle DRS z. B. „ein“: $\lambda Q\lambda R \boxed{x} + Q(x) + R(x)$, jeder

DRT und LFG

LFG-Parser erstellt Merkmalsstrukturen, die in DRSen umgewandelt werden.

1. Ersetzung der Blätter durch Einträge aus dem semantischen Lexikon (partielle und prädikative DRSen)
2. Anwendung der funktionalen Applikation (λ -Konversation)
3. Argumentidentifikation

Vorteil: Es entstehen alle möglichen Lesarten (siehe Beispiel).

Nachteil: Syntax und Semantik werden nicht gleichzeitig konstruiert.

9.5 λ -DRT

(Manfred Pinkal)

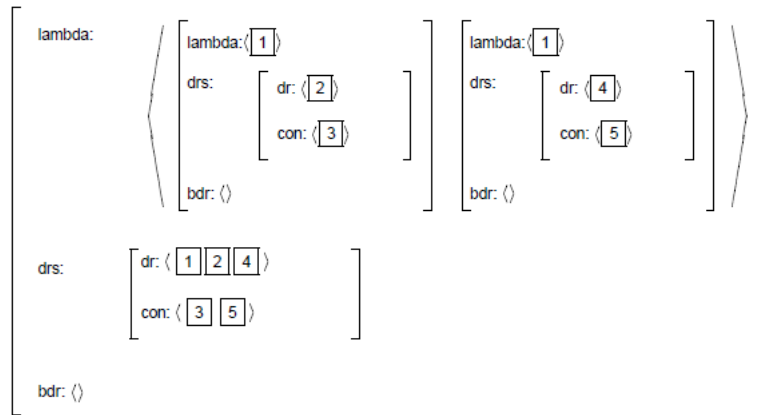
λ -DRSen bestehen aus drei Teilen:

- λ -Liste

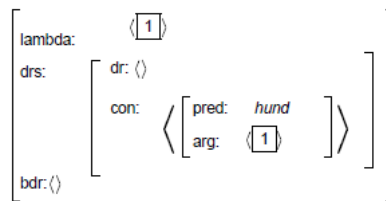
- die eigentliche DRS
- eine Liste der bindungsfähigen Diskursreferenten

Beispiel: „Ein Hund schläft.“

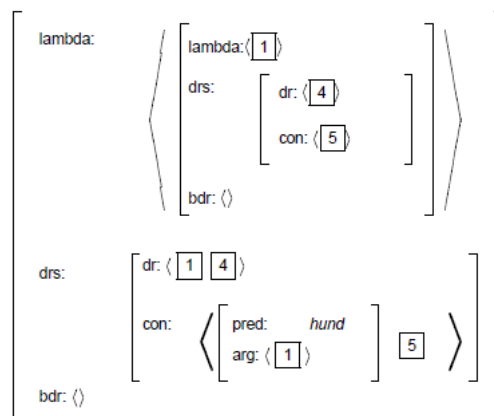
„ein“



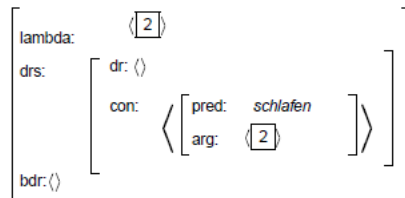
„Hund“



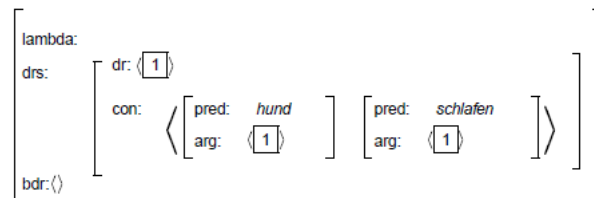
„ein Hund“



„schlafen“



„Ein Hund schläft.“



Vorteil:

Nahtlose Integration, wenn im Parser Merkmalsstrukturen und Unifikation bereits implementiert sind. Dann kann das Verfahren parallel zur Konstruktion der syntaktischen Struktur angewandt werden.

Nachteil:

Bei der Komposition wird genau eine λ -Konversion (\rightsquigarrow zweistellig) durchgeführt.
Erweiterung: beliebig viele oder keine Konversion.

Generalisierte Quantoren

(Jon Barwise)

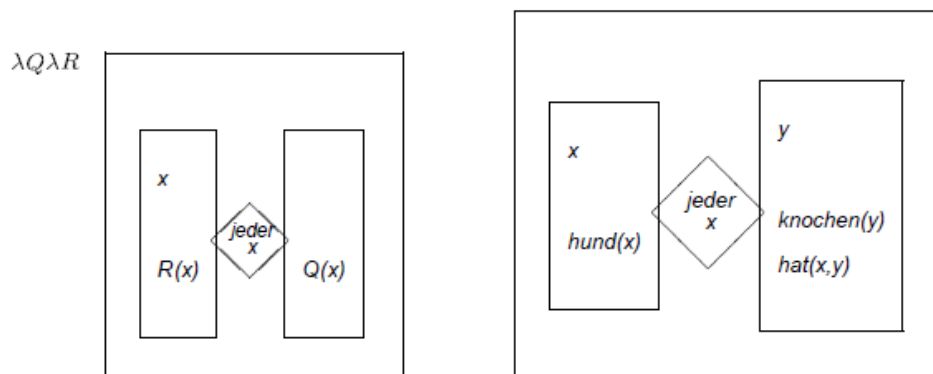
„ein“, „jeder“ etc. lassen sich mit FOL darstellen. Problem: „wenige“, „viele“, „die meisten“, ...

General Quantifier Theory:

Ein Satz der Form „ Q As sind Bs“ ist genau dann wahr, wenn die Relation, die Q impliziert, zwischen der Menge aller As und der Menge aller As, die Bs sind, gilt.

(siehe Typenlogik und λ -Kalkül)

Darstellung in DRSen durch *Duplexbedingungen*.



Cooper-Storage

(Blackburn/Box, Pinkal)

Mit dem Cooper Storage kann man bei unklarem Quantorenskopos alle möglichen Bedeutungen aus einer einzigen syntaktischen Analyse ableiten.

- The semantic values of syntactic constituents are ordered pairs $\langle \alpha, \Delta \rangle$:
 - α is the content
 - Δ is the quantifier store: a set of NP representations that must still be applied
- At NP nodes, we may store the content in Δ
- At sentence nodes, we can retrieve NP representations from the store in arbitrary order and apply them to the appropriate argument positions.

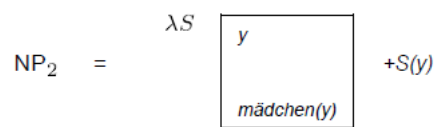
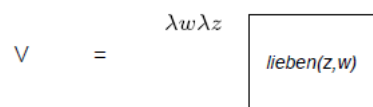
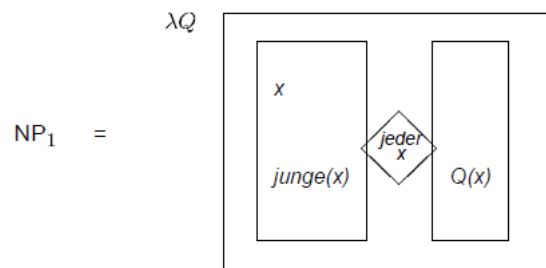
Storage Rule:

$$\frac{B \Rightarrow \langle \gamma, \Gamma \rangle \quad B \text{ is an NP node}}{B \Rightarrow \langle \lambda P.P(x_i), \{\langle \gamma, \Gamma \rangle_i\} \rangle \quad \text{where } i \in \mathbf{N} \text{ is a new index}}$$

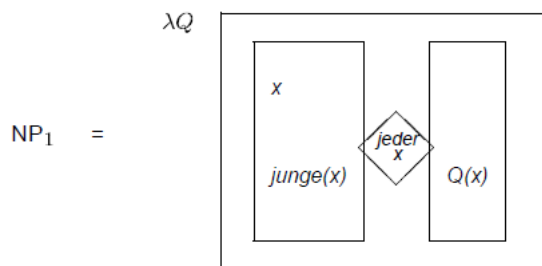
- Using this rule, we can assign more than one semantic value to an NP node.
- The content of the new semantic value is just a placeholder of type $\langle \langle e, t \rangle, t \rangle$, and the old value (including its store) is moved to the store.

Weniger theoretisches Beispiel aus der Vorlesung: „Jeder Junge liebt ein Mädchen.“

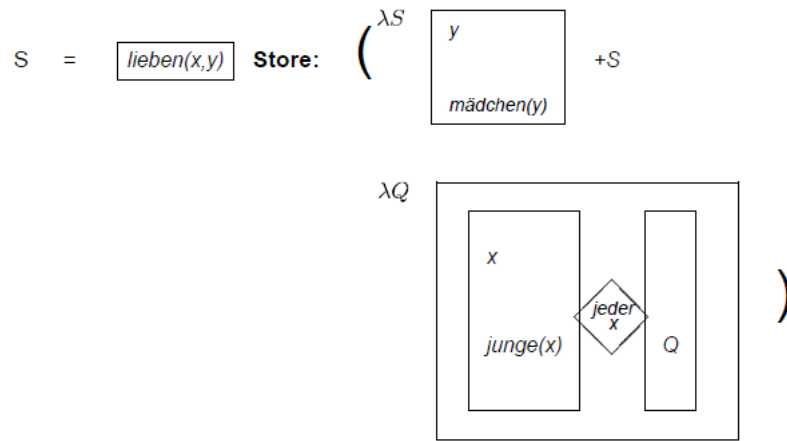
1.



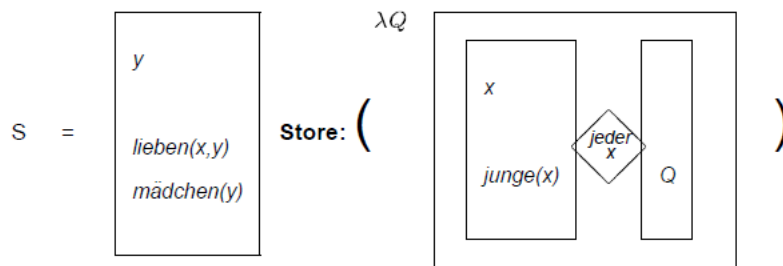
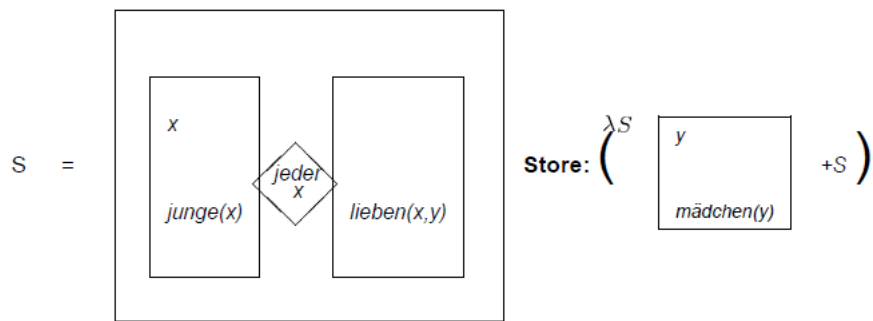
2.



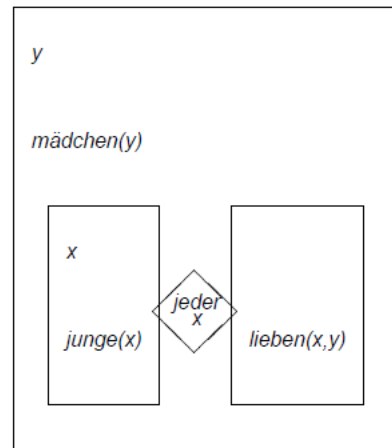
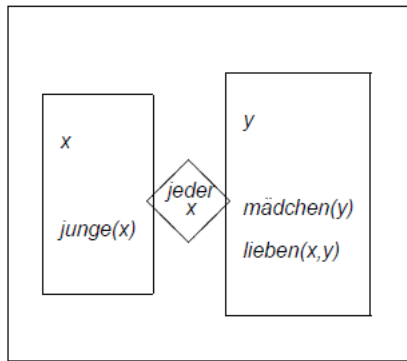
3.



4.



5.



Probleme:

- Nested Cooper Storage makes the simplifying assumption that NPs can be retrieved at all sentence nodes.
- This is not true in general because sentence-embedding verbs create scope islands: *John said that he saw every girl.* (1 reading)
Quantifiers may not be lifted across the S node of the embedded clause; the sentence cannot mean „for every girl x , John said that he saw x “.

Nominalphrasen im Plural

Schreibweise von Diskursreferenten: Singular Kleinbuchstabe, Plural Großbuchstabe.

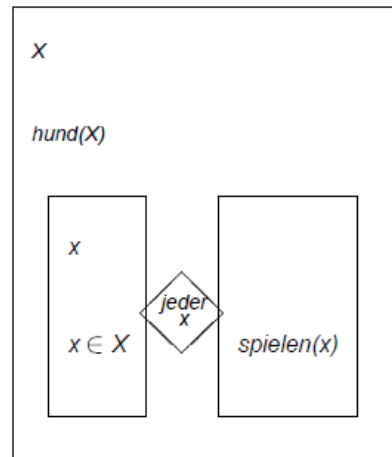
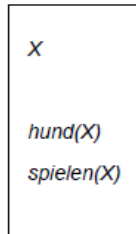
Für die NP „ A und B “ (kollektive Lesart!) wird ein neuer Diskursreferent und eine zusätzliche Bedingung eingeführt: $U = A \oplus B$

Gleiches Prinzip, aber unklare Ableitung:

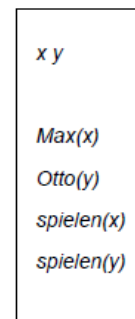
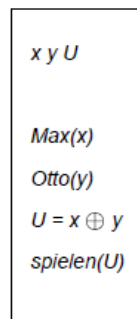
„Ein Hund jagt eine Katze. *Sie* laufen sehr schnell.“

Außerdem: *viele* (\leadsto Quantoren), Zahlen ($|X| = 3$)

Kollektive vs. distributive Lesart:
 „Die Hunde spielen.“



„Max und Otto spielen.“



Tempus

(Reichenbach)

Es werden drei verschiedene Zeitpunkte eingeführt:

- Ereigniszeitpunkt
- Referenzzeitpunkt
- Sprechzeitpunkt

Je nach verwendetem Tempus unterschiedliche Constraints in der DRS (z. B. Futur I: $s < e, e = r$), Notierung wie Diskursreferenten, VP als „e: schlafen(x)“)

Ereignisse werden als Domänenobjekte reifiziert.

Sonstiges

Verben mit Infinitiv an Valenzstelle: „Ein Hund glaubt zu schlafen.“
(Verallgemeinerung der Komposition notwendig!)

Präpositionalphrasen können sowohl Bestandteile einer NP als auch einer NP sein (PP attachment): „...sah das Mädchen mit dem Fernrohr...“

9.6 Situationstheorie

Situationen + Constraints

Situationen: strukturierte Objekte (statt mögliche Welten)

Repräsentation partiellen Wissens

Bedeutung eines Satzes ist Relation zwischen Äußerungssituation u und beschriebener Situation.

Bußmann:

Formale, auf der Situationstheorie beruhende Theorie der Bedeutung natürlicher (aber auch künstlicher) Sprachen, die als Konkurrenzmodell zur Mögliche-Welten-Semantik auftritt und die seit Ende der 70er Jahre von J. Barwise unter Mitarbeit von J. Perry, R. Cooper, S. Peters und J. Etchemendy entwickelt wurde.

Sie basiert auf folgenden Grundannahmen:

- *Eigenschaften und Relationen werden als Grundbegriffe angenommen und nicht mengentheoretisch aus anderen Einheiten konstruiert;*
- *es gibt eine einzige Welt, nämlich die wirkliche, und nicht eine Vielzahl von möglichen Welten;*
- *gültige Aussagen beziehen sich entweder auf diese Welt oder auf ihre Teile, die „Situationen“ genannt werden;*
- *die Bedeutung eines Deklarativen Satzes S ist eine Relation zwischen dem Typ von Situationen, in denen S behauptend geäußert wird, und dem Typ, dem diejenigen Situationen zugehören, die dabei beschrieben werden („Relationale Bedeutungstheorie“).*
Als zentral angesehen werden dabei zwei Phänomene, die vorher eher als peripher betrachtet wurden, nämlich die Effizienz der Sprache, d.h. die vielseitige Verwendbarkeit ein und desselben Ausdrucks, und die „Partialität“, d.h. Unvollständigkeit und kontextuelle Beschränktheit der Information.

Teil VI.

Pragmatik und Diskurs

10. Pragmatik

10.1 Aufgaben der pragmatischen Verarbeitung

„Herstellung von Kontext- und Weltbezug, insbesondere Erkennung, Analyse und Verarbeitung der Intentionen des Sprechers“.

10.2 Sprechakte

Vier Teilakte (Searle):

- Äußerungsakt („utterance act“): besteht aus dem Hervorbringen von Äußerungen nach den Regeln der Phonologie und Grammatik einer Sprache.
- propositionaler Akt („propositional act“): besteht aus dem Referenzakt und dem Prädikationsakt. Mit dem Referenzakt bezieht sich der Sprecher auf bestimmte Objekte der Welt, z. B. mit dem Eigennamen „Peter“ auf die Person Peter. Mit dem Prädikationsakt ordnet der Sprecher dem Objekt, auf das er sich bezogen hat, eine Eigenschaft zu (z. B. „ist mutig“). Bei den folgenden Sprechakten vollzieht der Sprecher den gleichen propositionalen Akt: *Peter ist mutig. Ist Peter mutig? Peter, sei mutig!*. Man prädiziert und referiert also nicht nur bei Behauptungen sondern auch bei anderen illokutionären Akten.
- illokutionärer Akt: der Vollzug einer konventionellen Handlung, die der „Aufnahme“ („uptake“) bedarf, wie beispielsweise einer Frage, Bitte, Warnung, Empfehlung, Drohung etc.
- perlokutionärer Akt: das Erzielen einer Wirkung, die über den illokutionären Akt hinausgeht, wie beispielsweise Überzeugen, Umstimmen, Verärgern, Verunsichern, Kränken, Trösten, etc. („a speech act, as viewed at the level of its psychological consequences“).

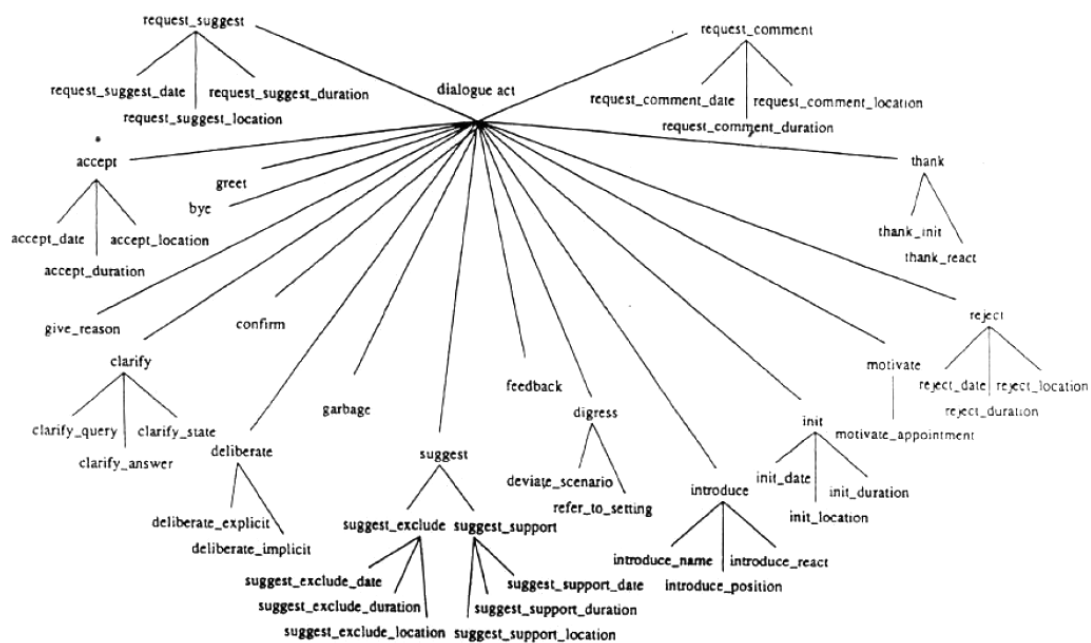
Arten von Sprechakten/Illokutionen (Searle):

- Repräsentativa: „Das ist falsch.“
Sagen, wie es sich verhält.
- Direktiva: „Ist es nicht besser zu schweigen?“
Jemanden zu einer Handlung/Unterlassung bewegen.

- Kommissiva: „Ich werde dich nie wieder anlügen!“
Sich selbst auf eine Handlung/Unterlassung festlegen.
- Expressiva: „Da bin ich aber erleichtert.“
Ausdruck der eigenen Gefühlslage.
- Deklarativa: „Ich kündige hiermit.“
Mit dem Sagen die Welt entsprechend dem Gesagten verändern.

(Bedingungen für den Erfolg von Sprechakten)

Dialogakt-Hierarchie in Verbmobil



10.3 Referenz und Deixis

Aufgaben der Referenzbestimmung:

- Identifikation der Satzteile, die ein Referenzobjekt bezeichnen, das prinzipiell an anderer Stelle im Diskurs wieder aufgegriffen werden kann
- Erkennung, welche Konstrukte auf das selbe Referenzobjekt Bezug nehmen.

Zwei Varianten der NP-Referenz:

- Anaphorische Referenz

- Nicht-Anaphorische Referenz

Deixis Deiktische Ausdrücke (z. B. *ich, hier, so*) gewinnen ihre Bedeutung nur durch den Bezug auf die Sprechsituation, in der sie geäußert werden.

Anaphern (z. B. *er*) unterscheiden sich von deiktischen Elementen dadurch, dass ihre Bezugselemente im Text, also innersprachlich, zu suchen sind.

10.4 Präsuppositionen

(Carstensen)

Voraussetzungen, die mit einer sprachlichen Äußerung gesetzt werden.

Beispiele:

Das Buch liegt neben dem Rechner.

⇒ Es gibt (genau) ein Buch, es gibt (genau) einen Rechner.

Anne steht auf.

⇒ Anne sitzt oder liegt.

Verarbeitung mit diskurssemantische Verfahren im Rahmen der DRT:

- Präsuppositionsbestimmung: Berechnung einer semantischen Repräsentation.
Voraussetzung: Lexikoneinträge mit Präsuppositionsbestandteilen.
- Präsuppositionsrechtfertigung
 - Herstellung des Bezugs der Präsuppositionen mit den Kontexten, in denen sie vorkommen, durch Identifikation mit Diskursreferenten,
 - Überprüfung, ob die Voraussetzungen aus dem jeweiligen Kontext folgen,
 - ggf. Akkomodation: Erweiterung des Kontextes mit Hintergrundannahmen.

10.5 Konversationsregeln und konversationelle Implikatur

Beispiele für konversationelle Implikatur

1. A: Mir ist das Benzin ausgegangen.

B: Um die Ecke ist eine Tankstelle.

A impliziert: Ich brauche Benzin.

B impliziert: Die Tankstelle ist geöffnet.

2. A: Ich gehe mit dem Hund spazieren.

B: Vergiss den Regenschirm nicht!

B impliziert:

Es regnet oder wird wahrscheinlich bald regnen. Wenn es regnet, braucht man einen

Schirm. A hat keinen Schirm dabei. A neigt zur Vergesslichkeit.

Je nachdem, ob A die Implikationen akzeptiert, sind verschiedene Reaktionen möglich: Ach ja, vielen Dank. Es regnet doch gar nicht. Regen macht mir nichts aus. Ich habe schon einen Schirm eingesteckt. Daran habe ich auch schon gedacht.

10.6 Ellipsis

Syntaktische Ellipsen (intrasententielle Ellipsen)

- Vorwärtsellipsen: *Peter suchte und fand schließlich das Postamt.*
- Rückwärtsellipsen: *Peter isst einen Apfel, Gabi eine Banane und Hans einen Pfirsich.*

Rekonstruktion: Zulassen von Leerstellen, die erst im weiteren Verlauf des Parsings gefüllt werden müssen.

Pragmatische Ellipsen

- Situative Ellipsen
 - Überschriften, Titel: *Nebel: 5 Tote*
 - Konventionelle Kurzformen: *Rauchen verboten*
- Kontextuelle Ellipsen
 - Wiederholungsellipsen (genaue Entsprechung):
Leider wird erst morgen ein Zimmer frei. — Erst morgen?
 - Ersetzungsellipsen (partielle Entsprechung):
Hat X heute geöffnet? — Ja. — Und Y?
 - Expansionsellipsen (keine Entsprechung):
Fährt ein Bus zum nächsten Bahnhof? — Ja. — Auch sonntags?

Rekonstruktion: Erzeugung einer semantischen Repräsentation der Eingabe, Vergleich mit Teilausdrücken der letzten Äußerungen.

Systemansätze zur Ellipsenrekonstruktion

- Syntaktische Strategien
 - Transformation der syntaktischen Form der vorhergehenden Äußerung: Substitution, Expansion
 - Modifikation des Parsingalgorithmus
- Semantische Strategien, u.a.
 - Erweiterung der DRS um sog. Prädikat-DRSen (Probleme: weitgehend willkürliche Variablenabstraktion, Übergenerierung)
 - Resolution mit Kasusrollen (Erwartungen) (Problem: aufgeblähte semantische Grammatik)
 - Resolution mit Diskursrelationen (Problem: deren Klassifikation)

- Pragmatische Strategien (planbasiert)
(Problem: nur in eingeschränkten Domänen erfolgreich)

Beispiel

A = Passagier auf einem Bahnhof

S = System in der Rolle eines Bahnbeamten

A: *Der Zug nach Erlangen?*

Semantische Repräsentation:

Frage(A, S, informieren-über(S, A, x))

so dass Eigenschaft(Zug1, x) \wedge Zielort(Zug1, Erlangen)

Wie kann Eigenschaft *x* näher bestimmt werden?

Mögliche Ziele:

1. A will jemand vom Zug abholen
2. A will den Zug besteigen

Angabe des Zielorts legt Ziel 2 nahe; daraus abgeleitet:

Ziel von A: *A weiss x*

Um 2. realisieren zu können, muss A wissen:

- Abfahrtszeit des Zugs
- Abfahrtgleis

S: *11:30 Uhr, Gleis 7*

10.7 Kooperative Systemantworten

Kooperative Techniken:

- Überbeantwortung bei Ja-Nein-Fragen
- Zurückweisung von Präsuppositionen
- Ersatz Generischer Antworten durch Menge individueller
- Begründung für eine gescheiterte Antwort
- Vorwegnahme von Folgefragen
- Planrekonstruktion

10.8 Pläne und Intentionen

ARGOT: Darstellung von Plänen durch gerichtete Graphen mit Hilfe von Prädikaten (KNOW, KNOWIF, KNOWREF, ACT, WANT) als Knoten und *enable*, *effect*, *know* oder *body* als Kanten.

Inferenzen (SBAW: S believes that A wants):

1. Aktionen
z. B. $SBAW(p) \Rightarrow SBAW(ACT)$ if ACT *enable* p
2. Wissen
z. B. $SBAW(A KnowIf p) \Rightarrow SBAW(p)$
3. Konstruktionsregeln

10.9 Diskursstruktur

Beispiel:

A_1

By the way, B_1

B_2

OK, $A_2(it)$

Diskurssegment: Eine Folge von Sätzen, die lokal kohärent sind.

\Rightarrow Stack-Organisation der Elemente?

10.10 Dialogmodellierung und -management

Struktureller Ansatz

Zustandsbasierte Dialogmodellierung (Ablaufdiagramme / endl. Automaten)

Beschränkungen:

- Mangelnde Flexibilität für dynamische Anwendungsbereiche mit hohem Grad an Kontextabhängigkeit
- Zuschnitt für einen bestimmten Aufgabentyp, i.d.R. statische Datenbankabfrage
- „Closed-World Assumption“
- Unzureichende Modularisierung: Keine Separierung genuiner Dialogeigenschaften (z. B. „Rückfrage“ anwendungsunabhängig)
- Wie können Wechsel zwischen Objekt- und Metaebene des Diskurses integriert werden? („wie ich vorher bereits sagte“)

- Grundsätzliche Probleme mit Skalierung und Portierung auf neue Anwendungsdomänen

Planbasierter Ansatz

- Primat der Pragmatik: Kommunizieren ist Handeln Aufnahme der „pragmatischen Wende“: Chomsky upside-down (Pragmatik → Semantik → Syntax)
 - Sprechakte und funktionale Satzperspektive
 - Integration von Performanzaspekten
 - Diskursplanung (getrennt von Aufgabenplanung)
- Rationale Interaktion: Rationalitätsprinzipien als Constraints im Planungsprozess
 - Beitrag jedes Dialogschritts ist differentiell ⇒ Dialogkontext
 - Herstellung gemeinsamer Wissenszustände, Ausführung von Aktionen
- Ermöglicht
 - Kooperatives Antwortverhalten
 - Verhandlungsfähigkeit („bis 4“ – „um 4:30 gäbe es aber...“)

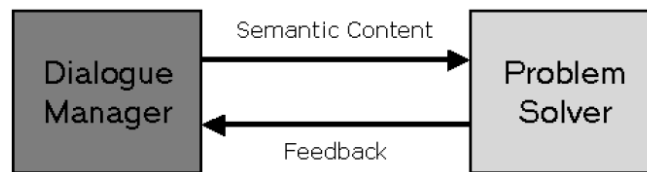
Dialogpragmatische Operationen:

- bestehen aus Sequenzen von elementaren Operationen,
- unterliegen einem komplizierten Kontrollfluss,
- sind von der Funktionalität und von situationsbedingten Zuständen abhängig.
- Operationen sind charakterisiert durch
 - ihre Vorbedingungen
 - ihre Effekte.
- Vorbedingungen und Effekte sind Zustände einer Dialog-Situation
- Effekte bewirken eine Veränderung von Zuständen und damit die Vorbedingungen für spätere Operationen

Auswirkungen auf den Dialogfluß:

- Je nach Zustand der aktuellen Situation sind unterschiedliche Operationen möglich.
- Der Dialogverlauf muss dies widerspiegeln:
 - Zurückweisen gerade unzulässiger Operationen.
 - Kommunizieren der Effekte ausgeführter Operationen an den Benutzer.
- Ein Dialog muss geplant werden auf Grundlage der vorhandenen Daten in der gegebenen Situation.
- Die Datenlage kann sich auch unabhängig ändern: Ein fahrender Zug ändert ständig seine Position.

Aufgabenteilung zwischen Dialogsystem und Applikation:



Domänenspezifische Semantikkonstruktion (Tatort-Beispiel)

Sprechakte und Zustände der Dialogziel-Komponente:

- Zuordnung von Sprechakten zu jeder Äußerung.
- Die Dialogziel-Komponente kann z. B. durch einen Stack-Automaten realisiert werden, der Sprechakte als Eingabe empfängt;
- Dieser überwacht den Zustand der Erfüllung für jedes Dialogziel.
- Sprechakte modifizieren den aktuellen Zustand der Verarbeitung explizit und implizit.
- Auf dem Stack werden offene Dialogziele gespeichert.

Teil VII.

Tiefergehendes

11. Sprachgenerierung

11.1 Grundfragen der Generierung

1. Wie funktioniert der menschliche Sprachproduktionsprozess?
2. Durch welche Planungs- und Entscheidungsprozesse kann Generierung modelliert werden?
3. Gegeben: Semantische Repräsentation und Grammatik.
⇒ Welche sind die grammatisch zulässigen Endketten?

11.2 Modell menschlicher Sprachproduktion (Wilhelm Levelt)

1. Konzeptualisierer
Festlegung des Inhalts (Diskursmodell, Wissen über Sprechsituation, Weltwissen;

inkl. Monitoring von Inhalt und Äußerungen)

- Makroplanung
- Mikroplanung

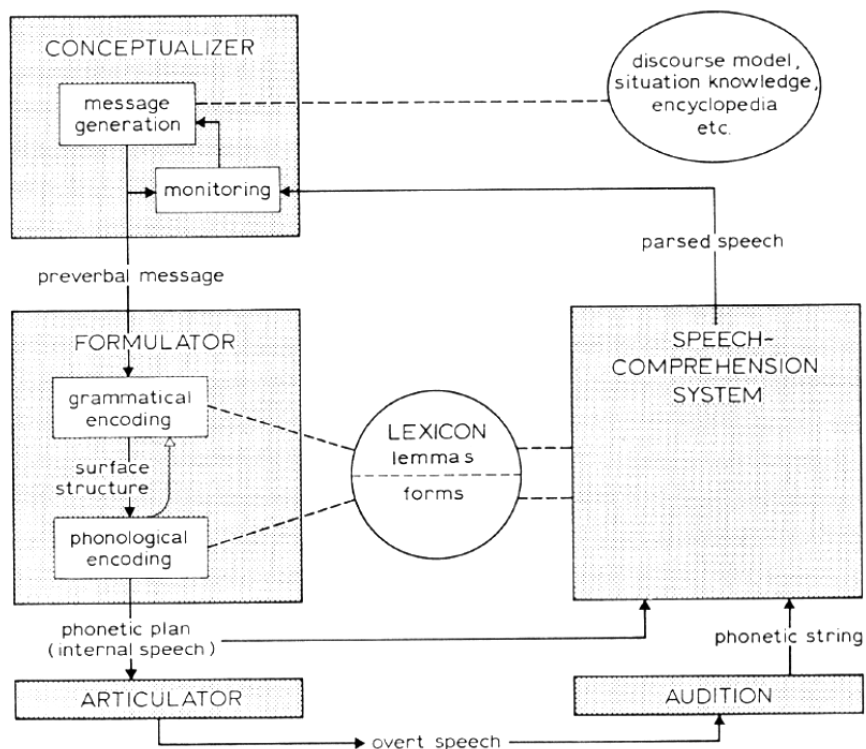
⇒ vorsprachliche Bedeutungsstruktur

2. Formulator

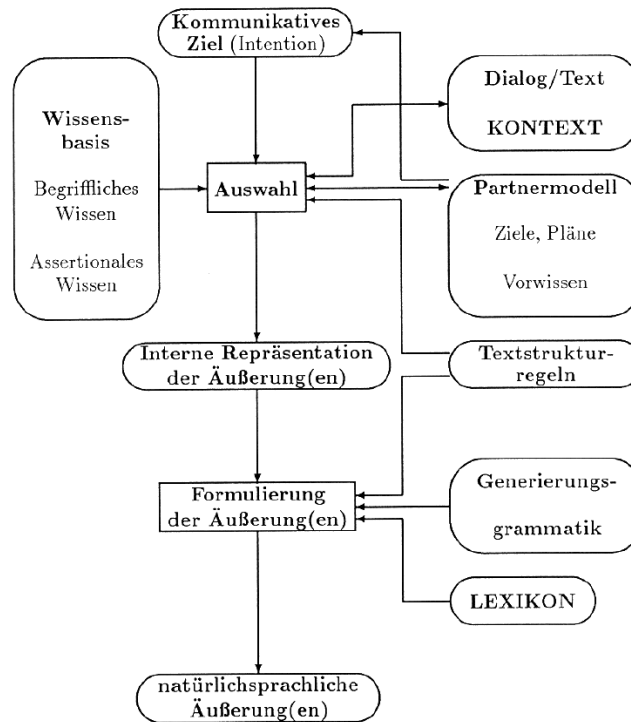
Konzeptuelle Struktur → linguistische Struktur

3. Artikulator

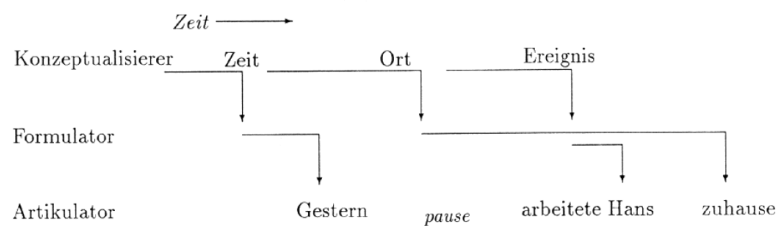
Ausführungs des Artikulationsplans durch Sprechwerkzeuge



11.3 Modularisierung des Sprachgenerierungsprozesses



11.4 Inkrementelle Sprachproduktion



11.5 Generierung: Planungs- und Entscheidungsprozesse

Architekturen für Generierungssysteme

- **Sequentiell:** Datenfluss von Inhalts- zu Formbestimmung
Inhaltsbestimmung: Konzeptionelle Struktur und Informationsperspektive (Thema, Fokus, Topikalisierung)
- **Interagierend:** Rückkopplungen zwischen Inhalts- und Formbestimmung an relevanten Entscheidungspunkten, z. B. Themawahl, Satzinhalt, Satz- und Satzteilorga-

nisation, Wortwahl

- **Integriert:** Ein hierarchischer Planungsprozess für „was“ und „wie“

Bei Textgenerierung spielen syntaktisch zu realisierende Kohärenzrelationen eine größere Rolle als bei der Rede.

Inhaltsbestimmung (Auswahlproblem): Wann sagt man was?

Ziele: *Kognitive Adäquatheit* (Korrespondenz mit Hörererwartungen) und *Kohärenz* (thematische, referentielle Passung zum „Textumfeld“)

11.6 Schemabasierte Textgenerierung

11.7 Planbasierte Äußerungsgenerierung

11.8 Formbestimmung und Wortwahl

Beispielhafter Ansatz: *Rhetorical Structure Theory*

<http://www.hcrc.ed.ac.uk/illex/illex3/Levels/Levels/node7.html>

Grundidee: Beschreibung der Relationen zwischen Sätzen eines Textes.

Bestandteile:

- **Einheiten:** Die Länge der Texteinheiten ist nicht festgelegt, aber die Einteilung eines Textes in Einheiten sollte so gewählt sein, dass diese eine eigenständige Funktion haben. Die Autoren wählen in ihren Analysen Sätze bzw. Satzteile und deren Kombinationen – beispielsweise im Falle restriktiver Relativsätze — als kleinste Einheiten eines Textes.
- **Relationen:** Neben der jeweiligen Beziehung zwischen zwei Einheiten verdeutlichen die rhetorischen Relationen auch, welche der beiden Einheiten bezogen auf die Absicht des Produzenten eine zentralere Rolle spielt. In diesem Konzept der nuclearity gibt es die möglichen Einheiten Silbenkern (Nukleus) und Satellitenphonem. Der Nukleus ist dabei die Texteinheit, welche die Hauptaussage transportiert, also wichtiger ist, während der Satellit eine auf den Nukleus bezogene Information beinhaltet oder Funktion innehat und vom Nukleus abhängig ist, nicht jedoch umgekehrt. Mann und Thompson gehen davon aus, dass die Mehrheit der natürlich-sprachlichen Texte durch Nukleus-Satellit-Relationen strukturiert ist.
- **Schemata:** Die Relationen werden nicht direkt auf die Texte angewendet, sondern zunächst in Form von Schemata dargestellt, die zu *schema applications* kombiniert werden, die ihrerseits in einer hierarchischen Anordnung den Strukturbaum formen. In der RST gibt es fünf Typen von Schemata, welche — basierend auf den Relationen — spezifizieren, in welchen Kombinationen die Texteinheiten vorkommen können. Durch die wiederholte Anwendung der Schemata entstehen komplexere Einheiten,

bis alle Einheiten zu einer einzigen komplexen Einheit verbunden sind, die dann den Strukturbaum darstellt.

11.9 Einsatz constraint-basierter Grammatikformalismen

Ziele:

- **Modularisierung:** Trennung von deklarativer Grammatik und Kontrollinformation (Analyse, Generierung)
- **Bidirektionalität** (Reversibilität)
- **Effizienz:** Compilation in unterschiedliche Objektgrammatiken für Analyse und Generierung

11.10 Kopfgesteuerte Bottom-Up-Generierung (BUG)

- Ausgangsstruktur: zu verbalisierende Logische Form (LF) in Prädikat-Argumentstruktur mit Erweiterungen (Angaben für Nebensätze, PPs, Adverbiale, etc.)
- Markierungen für Topikalisierung und Extraposition
- Bottom-Up-Generator mit Generierungs-Grammatik und -Lexikon/Morphologie
- Nachbereitung der Oberflächenform

11.11 Templates

- Schablonen mit festen und variablen Bestandteilen
 - Fest: Satztyp und -struktur, Mehrzahl der Wörter
 - Variabel: „Slot-Filler“ (einzelne Wörter, oft Eigennamen)
- Belegung der Slots ergibt sich aus vorgelagerten Verarbeitungsschritten (z. B. Dialogmanager)
- Starke Domänenabhängigkeit
- Natürlich klingende Formulierung mitunter schwierig?

Beispiel:

„OK, \$1 wird um \$2 Uhr auf \$3 aufgenommen.“

Mit der Belegung \$1 = Tatort, \$2 = 20:15, \$3 = ARD wird daraus „OK, Tatort wird um 20:15 Uhr auf ARD aufgenommen.“

Erweiterungen:

- Aggregation (bei Aufzählungen)

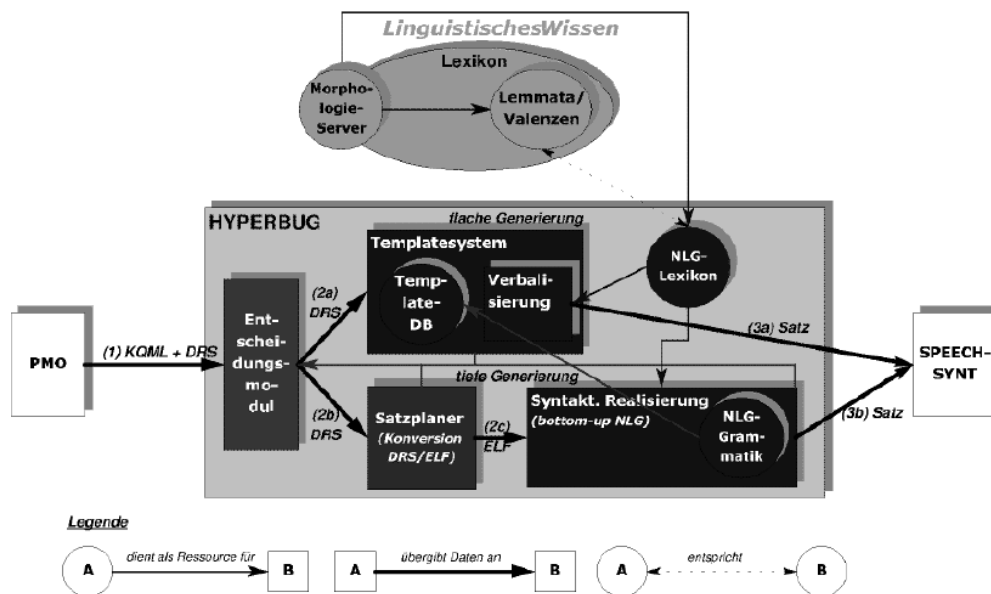
- Lexikon-/Morphologie-Zugriff: RECORD → aufgenommen
- Flexion: „\DEF \$1“ wird mit \$1 = Sendung zu „die Sendung“
- Mehrsprachigkeit (Hinweis-Tags für Sprachsynthese)

11.12 Hybride BUG mit Templates

Grundidee: Vorteile beider Ansätze verbinden

- Tiefe Generierung ist ausdrucksstark, variabel und domänenunabhängig, aber langsam
- Flache Generierung ist schnell, aber starr und domänenabhängig

11.13 Architektur eines hybriden Generierungssystems



12. Domänenmodellierung mit Beschreibungslogik

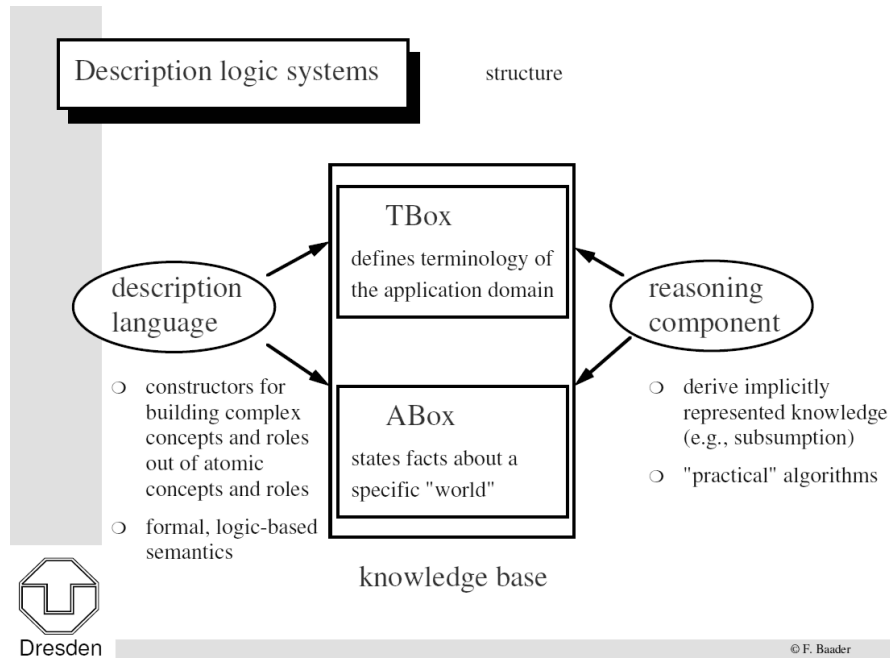
Warum nicht FOL? ⇒ unentscheidbar

Wichtig: Formale Ontologie + Inferenz

Eine formale Ontologie definiert die relevanten Termini, legt Restriktionen darüber fest, wie sie interpretiert werden sollen und erlaubt die automatische Ableitung verschiedener Eigenschaften.

Beschreibungslogik:

- entscheidbares Fragment von FOL
- keine Variablen
- TBox (Terminologie) + ABox (Eigenschaften von Individuen)
- Zentral: Subsumptionsrelation, komplexe generelle Terme



Eine einfache Beschreibungslogik

Konzept C :

$$C ::= A \mid C \sqcap C \mid \forall R.C \mid \exists R$$

A atomares Konzept

R atomare Rolle

Semantik von $\forall R.C$, $\exists R$ (Interpretation \mathcal{I}):

$$\begin{aligned} \forall R.C & \{x \mid \forall y : R^{\mathcal{I}}(x, y) \rightarrow C^{\mathcal{I}}(y)\} \\ \exists R & \{x \mid \exists y : R^{\mathcal{I}}(x, y) \wedge C^{\mathcal{I}}(y)\} \end{aligned}$$

Subsumption:

$$C \sqsubseteq D \Leftrightarrow \forall x : C(x) \rightarrow D(x)$$

Schreibweise: $C \doteq D \Leftrightarrow C \sqsubseteq D \wedge D \sqsubseteq C$

Beispiel für eine Wissensbasis

$\Sigma = \langle \text{TBox}, \text{ABox} \rangle$

- **Terminologische Axiome:** $C \sqsubseteq D$
 $\text{device} \doteq \text{thing} \sqcap \forall \text{has-id.ID}$
 $\text{av-device} \doteq \text{tv} \sqcup \text{vcr}$
 $\text{inactive-device} \doteq \neg \text{active-device}$
- **Aussagen über Individuen:** $C(a), R(a, b)$
 $\text{device}(\text{fernseher-eins})$
 $\text{has-id}(\text{fernseher-eins}, 1)$

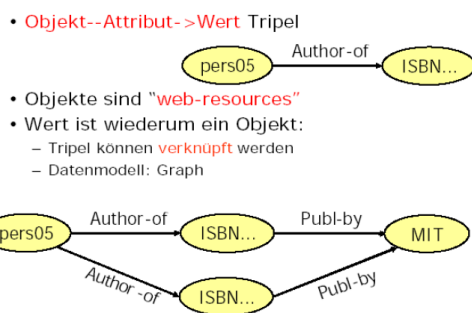
Inferenzdienste

- Konzept-Erfüllbarkeit: $\Sigma \not\models C \equiv \perp$
- Subsumption: $\Sigma \models C \sqsubseteq D$
- Erfüllbarkeit: $\Sigma \models$
- Instanz-Überprüfung: $\Sigma \models C(a)$
- Zugriff (Retrieval): $\{a \mid \Sigma \models C(a)\}$
 $\text{device} \rightarrow \{\text{fernseher-eins}\}$
- Realisierung: $\{C \mid C(a)\}$
 $\text{fernseher-eins} \rightarrow \{\text{device}\}$

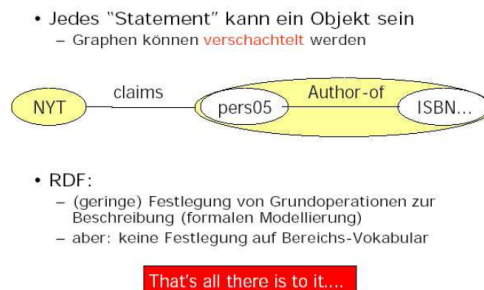
~> Reduktion auf Erfüllbarkeit

RDF und OWL

Bluffer's Guide to RDF (1)



Bluffer's Guide to RDF (2)



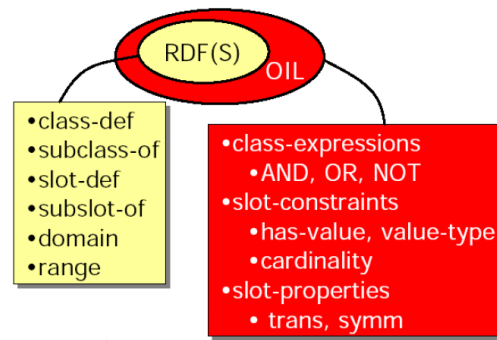
Bluffer's Guide to RDF-**Schema**

↳ **RDF-Schema**

- Definiere **Vokabular** für RDF
- Organisiere dieses Vokabular in einer **Typen-Hierarchie**:
 - `Class`, `SubClassOf`, `type`
 - `Property`, `subPropertyOf`
 - `domain`, `range`
- Aber: Semantik- und Inferenzproblem nicht gelöst

That's all there is to it...

OIL als RDF(S)-Erweiterung



RDF + RDFS + (DAML + OIL) \rightsquigarrow OWL

13. Syntaxanalyse: Chart-Parsing

(Nugues, 11; Arnold)

Motivation:

Backtracking kann sehr ineffizient sein:

A \rightarrow B.

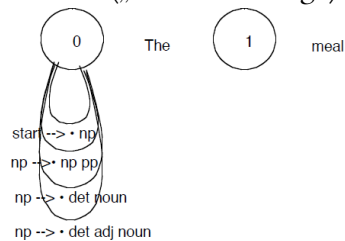
A \rightarrow B, C.

\Rightarrow B müsste unter Umständen doppelt abgearbeitet werden.

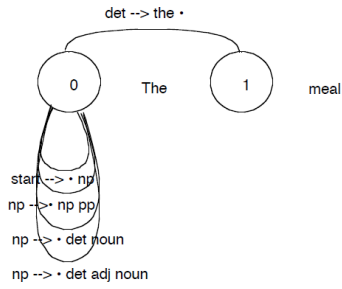
13.1 Aktive Chart-Analyse

Aktive/inaktive Kanten.

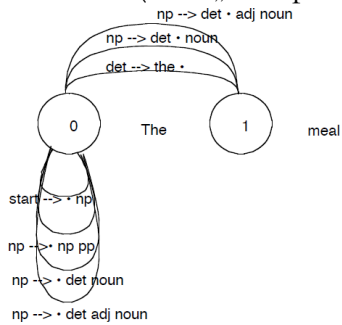
- Predict („Hüllenbildung“)



- Scan („Integration eines Terminalsymbols“)



- Combine (auch „Complete“: *Fundamentale Regel*)



Top-Down

Nach dem Initialisieren eine (leere) S-Kante an den Anfang einfügen.

Für jede „ $S \rightarrow X \dots$ “-Regel eine X-Kante einfügen

(und für jede „ $X \rightarrow Y \dots$ “-Regel eine Y-Kante usw.)

Wird ein Teilziel einer Kante erfüllt ($S [NP VP] \rightsquigarrow S [VP]$), muss an der entsprechenden Stelle eine Kante für das nächste Teilziel eingeführt werden (VP).

Bottom-Up

Für jede Kante Y, Regel „ $X \rightarrow Y \dots$ “ und (inaktive?) Kante zu Y wird vor der Kante eine neue Kante X [Y . . .] eingefügt.

(Variante: head-corner)

Vergleich

Top-Down:

- sagt exakt voraus, welche Konstituenten folgen können
- kann bei unvollständiger Chartanalyse in der Mitte der Eingabe abbrechen

Bottom-Up:

- langsamer als Top-Down?
- weniger exakte Vorhersagen als bei Top-Down
- liefert Analysen über der gesamten eingabe
⇒ *partielles Parsen möglich!*

Suchstrategien für die Agenda:

- Tiefe zuerst (Stack)
- Breite zuerst (Queue)
- Auswahl des nächsten Kantenpaares aufgrund einer Bewertung der Kanten

13.2 Chartanalyse mit Unifikationsgrammatiken

Üblicherweise extrahiert man aus der UG ein kontextfreies Regelgerüst und erweitert den Combine-Schritt so, dass auf Unifizierbarkeit getestet wird (statt nur auf Symbolgleichheit).

Probleme:

Große Merkmalsstrukturen, Zeitkomplexität $\mathcal{O}(n^n)$, Unifikationsgrammatiken benötigen zum Teil sehr spezielle Verarbeitungsmechanismen (z. B. für Verbspuren: „Ich fahre morgen nach Berlin [fahre]“).

13.3 Anmerkungen zu weiteren Parsing-Algorithmen

(Earley, Shift-Reduce, $LL(k)$, $LR(k)$)

13.4 Logische Rekonstruktion der aktiven Chart-Analyse mit Constraint-Grammatiken

(...)

13.5 Chunk-Parsing

Definition von Chunks:

- prosodisch
- grammatisch: Inhaltswort umgeben von Funktionswörtern, die einem festen Muster genügt

- psycholinguistisch: Aufbrechen des Satzes nach jedem syntaktischen Kopf, der ein Inhaltswort ist (Ausnahme: mit vorhergehendem Inhaltswort assoziierte Funktionswörter, insbesondere Objektpronomina)

Parsen entweder durch DEAs (longest match, Abney), oder:

- Phase 1: Chunk-Erkennung (DEA, HMM, ...)
[DP Ich] [V möchte] [DP den Krimi] [PP auf [DP Premiere]] [V aufnehmen]
- Phase 2a: Analyse der syntaktischen Funktionen
[PP auf Premiere] ist Lokalangabe zu [DP den Krimi]
[DP den Krimi] ist direktes Objekt zu [V aufnehmen]
[V aufnehmen] ist Objektsinfinitiv zu [V möchte]
[DP ich] ist Subjekt zu [V möchte]
- Phase 2b: Kombination der Chunks zu größeren Phrasen
[DP den Krimi auf Premiere]
[VP den Krimi auf Premiere aufnehmen]
[VP möchte den Krimi auf Premiere aufnehmen]
[S ich möchte den Krimi auf Premiere aufnehmen]

Semantik:

- Phase 1: Wort und Intra-Chunk-Semantik, domänenunabhängig
- Phase 2: Konzeptsemantik, domänenabhängig

13.6 Robuste Analyse mit probabilistischen kontextfreien Grammatiken

Jede Produktion einer CFG bekommt eine Wahrscheinlichkeit zugeordnet, die Wahrscheinlichkeiten der Produktionen zu einem nicht-terminalen Symbol müssen in Summe 1.0 ergeben.

Die Wahrscheinlichkeit eines Baumes ist das Produkt aller Einzelwahrscheinlichkeiten.

Problem: falsche Unabhängigkeitsannahmen!

$$\begin{array}{ll}
 S \rightarrow NP VP & (1.0) \\
 NP \rightarrow NP-SING & (0.45) \quad NP \rightarrow NP-PLUR & (0.55) \\
 VP \rightarrow VP-SING & (0.45) \quad VP \rightarrow VP-PLUR & (0.55)
 \end{array}$$

„Das Kind schläft.“ – 0.2025

„Die Kinder schläft.“ – 0.2475

13.7 Behandlung von Merkmalskonflikten

Mögliche Lösung: Jedes Merkmal erhält einen Fehlergewichtungsfaktor, der darüber entscheidet, welches Merkmal korrigiert wird.

S(Num) → NP(Num:10, nom:5) VP(Num:1)

→ er schlafen S(sg3) 1
 er schlafen S(pl) 10

Constraint Relaxation

Fehlertolerante Unifikationsgrammatiken kann man durch Constraint Relaxation erhalten.

Dabei wird zuerst eine Analyse mit der vollen Unifikationsgrammatik versucht. Schlägt diese fehl, versucht man, fehlgeschlagene Teilanalysen mit einer reduzierten Merkmalsmenge zu wiederholen. Sind diese dann erfolgreich, kann man den Fehler eingrenzen, falls nicht, kann man weiter einschränken.

13.8 Historischer Exkurs: Parsing mit Pattern Matchern und Übergangnetzen (BTN, ATN)

Pattern Matcher

Einfache Patterns

Direkte

wörtliche "die linke hintere Maschine jetzt anfahren"

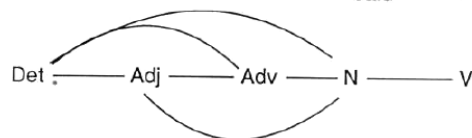
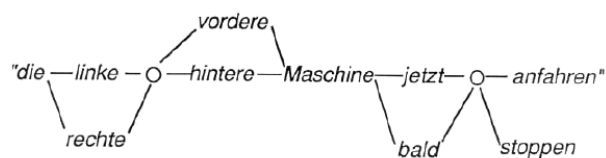
offene "die ? Maschine jetzt anfahren"

lexikalische Det, Adj, Adj, Adv, N, V

mit Variablen "die 1 2 3 jetzt anfahren"

Strukturierte Patterns

Übergangnetz (Endlicher Automat, Zustandsgraph)



Regulärer Ausdruck

Det (Adj)* (Adv) N V

Vorteile:

- schnell (für zeitkritische Anwendungen gut geeignet)
- einfach (auch mit geringen Ressourcen lauffähig)
- gut wartbar (bei kleinem Umfang)
- lokale Effekte

Nachteile:

- liefern keine Strukturbeschreibung
- ungeeignet für einige syntaktische Phänomene (offene Wortfolge, Abhängigkeiten, ...)
- umständlich für gleiche Strukturen an verschiedenen Stellen
- bei größerem Umfang unübersichtlich und schwer wartbar

Übergangsnetze

Einfache Netzwerkgrammatiken (Endliche Automaten)

Übergänge in **einem** Netz zwischen

- Wörtern oder
- lexikalischen Kategorien

Rekursive Netzwerkgrammatiken (BTN / RTN)

Übergänge in gestaffelten Netzen zwischen

- Netzen
- Wörtern oder
- lexikalischen Kategorien

Erweiterte Netzwerkgrammatiken (ATN)

Übergänge in gestaffelten Netzen zwischen

- Netzen
- Wörtern oder
- lexikalischen Kategorien

unter

- Ausführung von Aktionen und
- Aufbau einer Strukturbeschreibung

BTN: Typ 2

ATN: Typ 0

14. Semantikkonstruktion mit DRT

14.1 Implementation der λ -DRT

- Semantikkonstruktion mit Merkmalsstrukturen:
DRSen – Merkmalsstrukturen, funktionale Applikation – Merkmalsunifikation
- Prozedurale „direkte“ Implementation
- ...

14.2 Anaphernresolution

Auflösung der Referenz von Anaphern hängt von mehreren Faktoren ab:

- linguistisches Wissen (Syntax und Semantik)
- Weltwissen: Inferenzen werden notwendig

These: Wissensarten sind kooperativ, Information ist redundant

- ⇒ gleiche Beschränkungen bei Referenzauflösung treten in mehreren Wissensquellen auf
- ⇒ weitergehende (aufwändige) pragmatische Analyse ist in den meisten Fällen nicht erforderlich.

Für Pronomina wird ein neuer Diskursreferent eingeführt, der mit einem bereits vorhandenen Referenten gleichgesetzt wird.

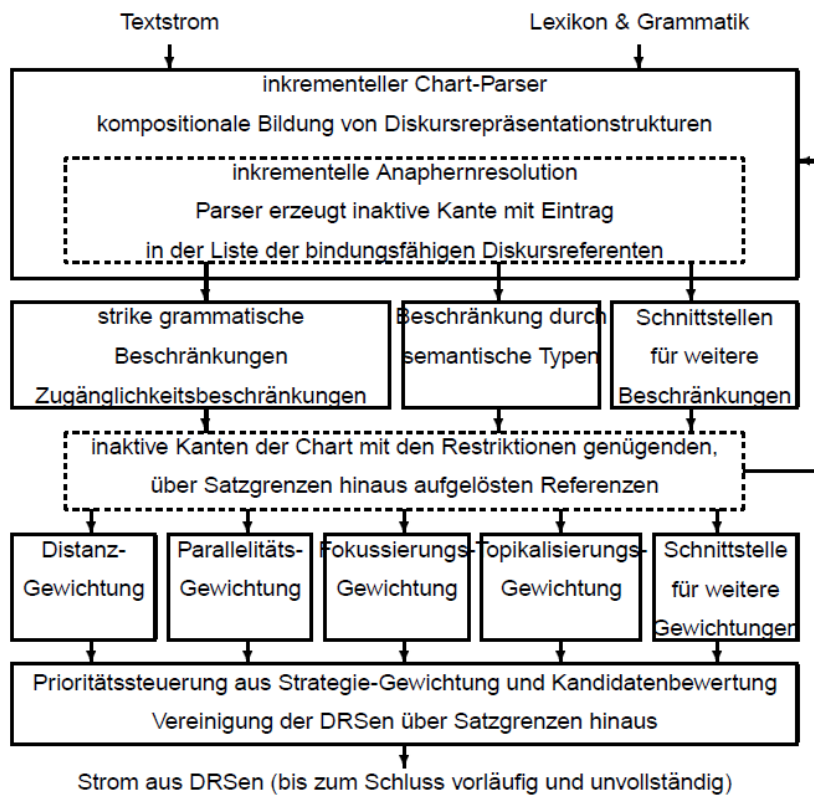
Problem: Wahl des passenden Antezedenten.

Ansätze zur Anaphernresolution:

- Einfache anaphorische Referenz (Allen):
 - Anapher und vorangehender Antezedent müssen in Numerus, Person und Genus übereinstimmen
 - Bindungsprinzipien: regeln Arbeitsteilung zwischen Reflexiv- und Personalpronomen
 - konfigurationelle, d.h. die syntaktische Oberflächenstruktur betreffenden Restriktionen
- Diskursstruktur: Diskurs hierarchisch strukturiert: Stack-Modell, getriggert von Stichwörtern, Tempuswechsel, ...
- Fokussierung mit Diskursfokus (worüber der Sprecher Aussagen machen will) und Aktorfokus (Agent des letzten Satzes) nach Sidner: Aufwand für Inferenzen mit Weltwissen wird verringert

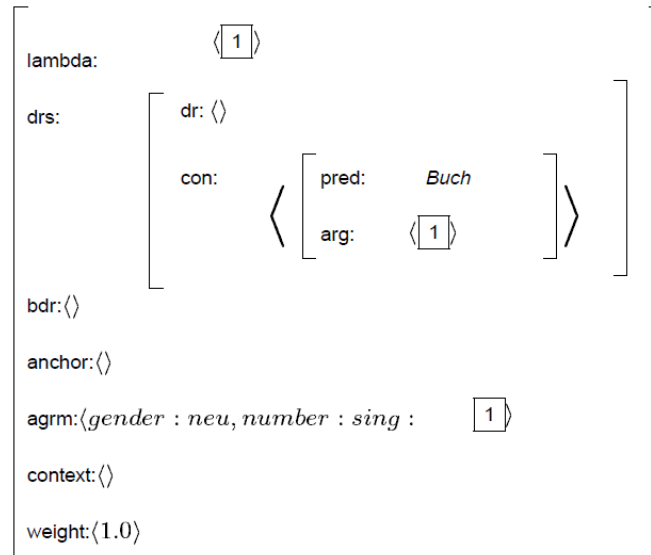
Anaphernresolution wird aufgeteilt in

- **Restriktionsmechanismen:** strikte linguistische Beschränkungen; schließen von vorneherein den Bezug zwischen Anapher und betrachtetem Antezedent aus:
„Die Frau Er“
- **Prioritätsgewichtungen:** schwächere linguistische Einschränkungen; gewisse Lesarten werden gewichtet.



Die Anaphernresolution soll inkrementell erfolgen. Dazu wird die λ -DRT erweitert um weitere Merkmale:

- *anchor*: Ankerlisten für Eigennamen
- *agrm*: verbindet semantische mit syntaktischen Einträgen während der Initialisierung der Chart
- *context*: Diskurskontext
- *weight*: Kantengewichtung



Restriktionen

Strikte grammatische Beschränkungen

Kongruenz morphologischer Merkmale

- Genus (im Deutschen): *m, f, n* — relativ wirkungsvoller Ausschluss, z. B.
Natalia_f hat ein Buch_n. Sie_{f|p} liest es_n.
- Numerus: Bei Plural Gruppe von Antezedenten (ohne Genusmarkierung)
- Person: nur 3. Person; 1. und 2. Person immer deiktisch

Gleichzeitiger Vergleich der Einträge der *agrm*-Listen

Schlägt dieser fehl ⇒ betrachteter Antezedent wird nicht weiter bearbeitet.

Bindungsprinzipien

Reflexivpronomina beziehen sich immer auf das Subjekt des Teilsatzes, in dem sie vorkommen: *Peter₁ mag sich₁.*

Personalpronomina nicht: *Peter₁ mag ihn_{*1}.*

Konfigurationsbeschränkungen

Bezüge von Nicht-Reflexivpronomen sind nicht zulässig, bei denen

- sich mehrere anaphorische Valenzstellen ein und desselben Verbs auf den gleichen Antezedenten beziehen, z. B.
*Silvia₁ und Silke₂ spielen. Sie₁ mag sie_{*1}.*
- die Anapher und der Antezedent aus einem DRS-Prädikat stammen, z. B.
*Susanne₁ mag Nicole₂ und sie_{*1}.*
- sich Teile eines Summationsprädikats auf den gleichen Antezedenten beziehen, z. B.
Andrea₁ und Maria₂ lügen. Peter₃ mag sie₁ und sie₁.

- ein Bezug von Teilen eines Summationsprädikates auf das Subjekt eines Verbs hergestellt wird, wenn das Summationsprädikat Objekt des Verbs ist, z. B.
*Silvia₁ lügt. Silke₂ arbeitet. Grit₃ schläft. Silvia₁ mag Silke₂ und sie_{*1}.*

Prüfung der Argumente der mehrstelligen DRS-Prädikate (Verben, Summation):
Besteht Koreferenzeintrag?

DRS-Zugänglichkeitsbeschränkungen

Struktur eines Satzes spiegelt sich in der Lage der Referenten in verschieden tief verschachtelten DRSen wider, daraus aufgestellte Zugänglichkeitsbedingungen schränken die möglichen Anaphern bei der Resolution ein.

Alle Diskursreferenten, die von einem Diskursreferenten x in der DRS K zugänglich sind, kann man dadurch finden, dass die Universen derjenigen DRSen betrachtet werden, die „links“ oder über der DRS liegen.

Beispiel: *Jede Frau hat ein Buch. *Sie liest es.*

Das Pronomen „sie“ darf sich nicht auf „Frau“, und „es“ sich nicht auf „Buch“ beziehen.

Problem der Standard-DRS-Zugänglichkeitsbeschränkungen:

- Koordinierte Teilsätze
[Jede Frau]₁ hat [ein Buch]₂ und sie₁ liest es₂.
- Modale Subordination
[Jede Frau]₁ hat [ein Buch]₂. Normalerweise liest sie₁ es₂.

Nur intersententielle Zugriffsbeschränkungen modellieren: Von den DRSen des zurückliegenden Diskurses kommen nur die (atomaren) Bedingungen auf oberster DRS-Ebene als Antezedenten überhaupt in Frage (Ausnahme: Eigennamen kommen mit der Ankerliste nach „oben“).

Semantische Restriktionen

Prüfung auf Konsistenz einfacher semantischer Typen, sobald Valenzstelle bestimmt ist.

Antezedenten werden in belebt oder unbelebt eingeteilt, Anaphern übernehmen diesen Typ. Verbvalenzen sind in belebt/unbelebt/unspezifiziert eingeteilt, z. B.

Margit_{belebt} hat eine Zeitung_{unbelebt}. Sie_{belebt} liest sie_{unbelebt}.

Mögliche Erweiterungen mittels inkrementeller Schnittstelle:

- Semantische Beschränkungen (Konzeptlexikon für thematische Rollen)
- Pragmatische Beschränkungen (Vor- und Nachbedingungen)

Prioritätsgewichtungen

Distanzgewichtung (zwischen Anapher und Antezedent)

Der letzterwähnte, allen Restriktionen genügende Ausdruck ist mit hoher Wahrscheinlichkeit der richtige Antezedent.

- In ein und demselben Satz auftretende mögliche Antezedenten werden von der Distanz her immer gleich bewertet
- Gewichtungen werden bei jedem neuen verarbeiteten Satz abgewertet (durch Multiplikation mit Distanzgewichtungsfaktor $d = 0.5$)
- Wiederaufwertung bei Entscheidung für die Wiederverwendung

Im n -ten Satz gültige Distanzgewichtung d_l eines im l -ten Satz ($n > l$) letztmalig erwähnten Antezedenten:

$$d_l(n) = d^{n-l}$$

syntaktische Parallelität koordinierter Satzteile

Peter schlägt Paul und Constanze tritt ihn mit dem Fuß.

Maria schenkt Claudia ein Buch und sie gibt ihr eine Zeitung.

Denjenigen Antezedenten des ersten Teilsatzes bevorzugen, der die gleiche Valenzstelle eines Verbs wie die betrachtete Anapher im zweiten Teilsatz ausfüllt.

Abwertung anderer Antezedenten mit Parallelitätsgewichtungsfaktor $p < 1$.

Fokussierungsgewichtung

Markierung einer Nominalphrase als prominenten Kandidaten für den anaphorischen Bezug mit grammatischen (z. B. Demonstrativpronomina) oder prosodischen Mitteln (Betonung).

Hier zwei Fokussierungsalgorithmen:

- Mit grammatischen Markierungen: definite NP (statt Pronomen) Aufwertung zusammen mit Wiederaufwertung der Distanzgewichtung, hier auf $(1 + d)/2$
- Vereinfachtes Modell der Diskurs- und Aktorfokus von Sidner:
Satz mit einem Verb mit zwei Valenzen erzeugt einen Diskursfokus (direktes Objekt) und einen Aktorfokus (Subjekt). Ähnlich Parallelität, aber Diskurs- und Aktorfokus können über mehrere Sätze lang unverändert bleiben.

Topikalisierungsgewichtung

im Deutschen durch Satzgliederstellung eines Objekts, z. B. bei

Sich hat Hans gewählt.

Wenn die freie Wortstellung im Deutschen aufgrund von Topikalisierung in der DRS dargestellt werden soll, muss die Nominalphrase in Satzgliederstellung vom Parser als Topik markiert werden.

Aufwertung der Koreferenz auf einen topikalisierten Antezedenten mit Topikalisierungsgewichtungsfaktor.

Beispiel:

1. Michaela hat [einen Ball]₁.
2. [Den Ball]₁ wirft Egon₂.
3. Er₇ ist schön.

Die definitive Nominalphrase in Satz 2 wird vom Parser als Topik markiert. Die Anapher *er* erhält dann für die Referenz er_1 (Ball) die Gewichtung $t \cdot (1 + d) / 2 = 0.9$, und für die Referenz er_2 (Egon) die Gewichtung $d = 0.5$.

14.3 Inkrementelle Anaphernresolution

Vorgehen:

- Referenzauflösung wird mit dem Chart-Parser verbunden, der während der Verarbeitung aktive und inaktive Kanten erzeugt
- Inaktive Kanten sind zum Einhängen geeignet, da sie syntaktisch vollständig analysierten Satzteilen entsprechen
- Inaktive Kanten mit nicht aufgelöster Referenzbeziehung werden durch einen Eintrag in der bdr-Liste (bindungsfähige Diskursreferenten) markiert.

14.4 Resolution von Pronomina, definiten NPs und Eigennamen

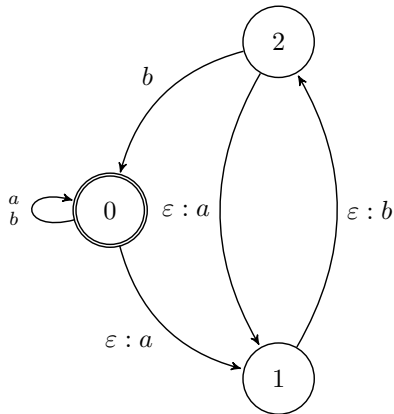
(TODO)

15. Morphologische Analyse und Generierung

15.1 Finite State Morphologie

Auch wenn Morphologie-Regeln üblicherweise in einer kontextsensitiven Schreibweise ($N \rightarrow m / _ p$) angegeben werden, unterliegt ihre Anwendung starken Einschränkungen: die Regeln dürfen nicht im selben Zyklus auf ihr eigenes Ergebnis angewendet werden. Dadurch werden sie tatsächlich zu *regulären* Relationen! \Rightarrow Darstellung durch *Finite State Transducers* (Mealy-Automaten).

Beispiel: $\varepsilon \rightarrow ab / _ b$



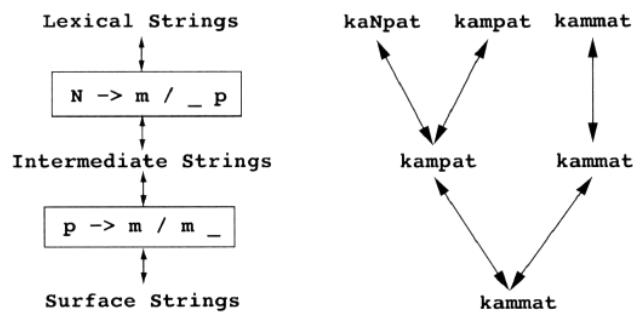
in	a	ε	ε	b	
state	0	0	1	2	0
out	a	a	b	b	

15.2 Serielle Komposition

FSTs sind unter serielle Komposition abgeschlossen.

⇒ Aus allen Regeln wird ein einziger FST „compiliert“. (Effizienz!)

In der Generierungsrichtung eindeutig, in der Analyserichtung möglicherweise nicht:



Rules Mapping *kammat* to *kaNpat*, *kampat*, *kammat*

Lösungsansatz:

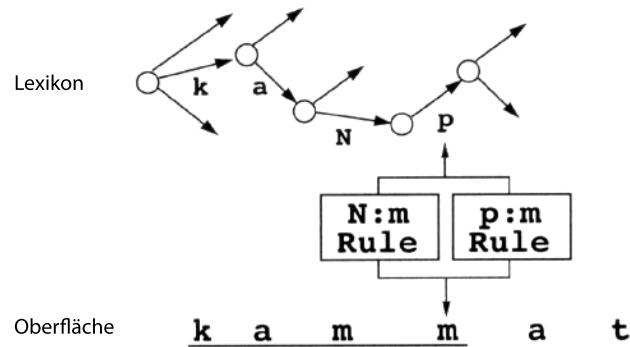
Repräsentation des Lexikons selbst durch einen FST und Komposition mittels Regeln. Einbezug des Lexikons in die Komposition eliminiert die durch die Regeln erzeugten Ambiguitäten zur Compilierungszeit — die Verzahnung vermeidet kombinatorische Explosion (Übergenerierung).

15.3 Koskenniemi's Zwei-Ebenen-Morphologie

(Carstensen, 2.2; Nugues)

Grundidee: Parallelschaltung

- Regeln sind Constraints zwischen Symbolen, die parallel angewendet werden — nicht sequentiell wie Ersetzungsregeln
- Die Constraints können sich auf die lexikalische oder die Oberflächen-Ebene oder auf beide zugleich beziehen (→ Name!)
- Lexikonzugriff und morphologische Analyse werden im Tandem durchgeführt



Interessant:

Um die gewünschte Parallelisierung durchführen zu können, müssten die FSTs unter Schnittbildung abgeschlossen sein. Das sind sie zwar im Allgemeinen nicht, längenerhaltende FSTs haben die Eigenschaft aber \Rightarrow Verwendung von speziellen Symbolen anstelle von echter Einfügung oder Tilgung.

Morphophonologische Komponente

Genauer betrachtet:

Die lexikalische und die Oberflächen-Ebene haben je ein eigenes Alphabet. Auf der lexikalischen Ebene gibt es diakritische Zeichen; sie repräsentieren keinen Lautwert, aber phonologisch relevante Informationen, z. B. Morphgrenze, Akzent.

Operatoren:

- $a:b \Leftarrow c_d$ a is always realized as b in the context c_d
- $a:b \Rightarrow c_d$ a is realized as b only in the context of c_d
- $a:b \Leftrightarrow c_d$ a is realized as b in c_d and nowhere else
- $a:b \not\Leftarrow c_d$ a is never realized as b in the context c_d

Beispiel:

Im Englischen kann ein y im Lexikon zu einem i in der Oberfläche werden (*happier*), wenn

ein Konsonant vorausgeht und *-er*, *-ed* oder *-s* folgt.

$y:i \Leftarrow C:C _ +:0 \ e:e \ r:r$

$y:i \Leftarrow C:C _ +:e \ s:s$

$y:i \Leftarrow C:C _ +:0 \ e:e \ d:d$

Elision: $ras+st \rightarrow rast \ (s:0 \Leftarrow _ +:0 \ s:s)$

Epenthese: $badst \rightarrow badest \ (+:e \Leftrightarrow \{d,t\} _ \{s,t\})$

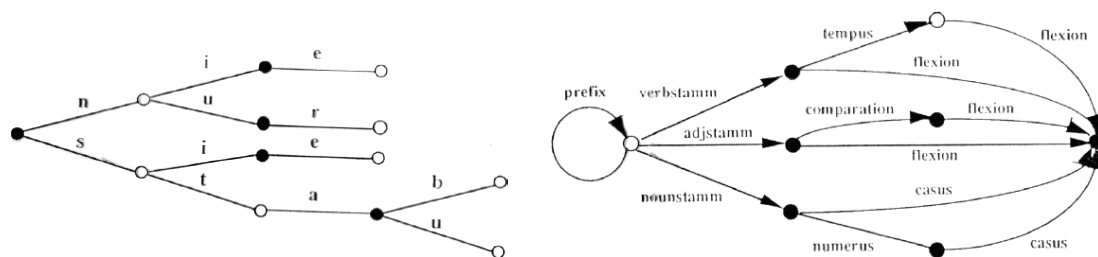
Morphotaktische Komponente

Die Morphologie arbeitet auf einem Lexikon von Morphen, ebenfalls dargestellt durch einen endlichen Automaten.

Darstellung morphologischer Regularitäten durch „Fortsetzungsklassen“ (legale Nachfolger für jeden Morph)

Fortsetzungsklassen = reguläre Grammatiken!

Darstellung des Morphlexikons als Graphenbaum; Speicherung der morphosyntaktischen Information in Knoten



Probleme der Zwei-Ebenen-Morphologie

Rechtfertigung mancher Prämissen ist umstritten:

- Voraussetzungen der Beschreibung der Morphologie durch Fortsetzungsklassen: Wortbildung
 - ist durch reguläre Grammatik adäquat beschreibbar
z. B. Klammerungen wie Partizipialkonstruktion
ge + ⟨Verbstamm⟩ + ⟨Partizipialsuffix⟩
 - beschränkt sich auf Konkatination
aber: $\$mUtter\$ \rightarrow 0mutter0, 0mütter0$
- Morphologie und (Morpho)phonologie sind voneinander unabhängige Komponenten — somit ist nur eine indirekte Modellierung von wechselseitigen Abhängigkeiten möglich.
Fälle wie die Schwa-Epenthese

sandte, sendete; Dunkeln, dunklen

müssen durch zusätzliche diakritische Zeichen realisiert werden, die aber nicht phonologisch motiviert sind, sondern Kontrollinformation codieren (z. B. für Umlautung, s.o.)

Teil VIII.

Begriffe

Semiotik

Strukturalismus Parole vs. Langue / Token vs. Type

Bedeutung (reference, extension) vs. →

Sinn ← (meaning, intension)

Prädikation

Deixis „Deiktisch sind jene Ausdrücke, die auf die personellen, temporalen oder lokalen Charakteristika der Sprechsituation verweisen, z. B. ich – du, jetzt – dann, hier – da.“
http://de.wikipedia.org/wiki/Deixis_vs._Anapher Anaphern unterscheiden sich von deiktischen Elementen dadurch, dass ihre Bezugselemente im Text, also inner-sprachlich, zu suchen sind, während sie bei einer Deixis außersprachlich zu suchen sind. So haben die erste und zweite Person von Personalpronomen (ich, du, wir, ihr) eine deiktische Funktion, indem sie auf den/die Sprecher bzw. dessen/deren Adressaten verweisen, wohingegen die dritte Person (er, sie, es) für gewöhnlich eine anaphorische Funktion erfüllt, indem sie eine bestehende Orientierung auf eine Person oder ein Ding fortführt.

Anapher/Katapher Anapher: Bezug auf ein vorhergehendes Element — Katapher: Bezug auf ein nachfolgendes Element

(z. B. Personalpronomen, Reflexivpronomen, definite NPs: „das Buch“)

Syllogistik (↔ Aristoteles)

Topik Aristoteles vs. „In der Grammatik ist Topik die Lehre von den Stellen, welche den einzelnen Wörtern im Satz und den Sätzen in der Periode zukommen.“

Denotation

Innativismus

Gapping An- und Verkauf

Polysemie Läufer (etymologisch eine Wurzel, semantische Ähnlichkeit)
der König sandte – der Rundfunk sendete

Homonymie Schloss (etymologisch verschiedene Wurzeln)

Thema/Rhema Thema: Ausgangsinformation — Rhema: die darauf bezogene Ausführungen bzw. das inhaltlich Neue

Es war einmal ein König (Rhema). Der (Thema) hatte drei Töchter (Rhema).

In Berlin (Thema) hat es heute geregnet (Rhema).

Ich (Thema) habe gerade einen Anruf bekommen (Rhema).

Freges Kompositionalitätsprinzip Die Bedeutung eines Satzes ergibt sich aus der Bedeutung der einzelnen Wörter und der syntaktischen Struktur.

Rektion (Government) z. B. verlangt „helfen“ den Dativ bei seinem Objekt

Selektion z. B. selektiert das Verb „gehen“ die direktionale PP „ins Kino“

Propositionale Einstellungen z. B. „wissen“, „wollen“

Referentielle Transparenz Ersetzbarkeit eines Ausdrucks durch einen äquivalenten Ausdruck

Topikalisierung Die Topikalisierung (auch Vorfeldbesetzung oder engl. dislocation) bezeichnet in der allgemeinen Sprachwissenschaft eine Bewegung auf der Satzebene, bei der Satzglieder, vornehmlich Nominal- bzw. Präpositionalphrasen, aus ihrer Grundsatzstellung an eine diskurspragmatisch hervorgehobene, das heißt für die Bedeutung des Gesamtsatzes entscheidende Position innerhalb des Satzes bewegt werden.

Epenthese Lauteinschub (→ Elision)

Elision Lauttilgung (→ Epenthese)

Literatur

- [1] Kai-Uwe Carstensen et al.: Computerlinguistik und Sprachtechnologie
- [2] Patrick Blackburn, Johan Bos: Representation and Inference for Natural Language
- [3] Günther Görz et al.: Handbuch der Künstlichen Intelligenz
- [4] Michael Hess: Fortgeschrittene Konzepte der Logikprogrammierung
<http://www.ifi.uzh.ch/cl/hess/classes/mki/mki.0.1.pdf>
- [5] Albert Busch, Oliver Stenschke: Germanistische Linguistik
(unter Verweis auf <http://www.fds-sprachforschung.de/ickler/index.php?show=news&id=914>)
- [6] Manfred Pinkal: Vorlesungsfolien „Semantic Theory“
<http://www.coli.uni-saarland.de/courses/semantics-07/page.php?id=lectures>
- [7] Pierre Nugues: An Introduction to Language Processing with Perl and Prolog
- [8] Doug Arnold: Chart Parsing
<http://www.cs.ualberta.ca/~lindex/650/papers/chartParsing.pdf>

- [9] Saroj Kaushik: Conceptual Dependency
<http://www.cse.iitd.ernet.in/~saroj/CD.pdf>
- [10] John Platts: Vorlesungsfolien „Knowledge Representation, Semantic Nets, Frames, Scripts“ <http://www.cwa.mdx.ac.uk/bis2040/johnlect.html>