

# Generalized Phrase Structure Grammar

Fabian Heck & Gereon Müller

Institut für Linguistik  
Universität Leipzig

WiSe 2009/2010

[www.uni-leipzig.de/~muellerg](http://www.uni-leipzig.de/~muellerg)

# Hintergrund

Lit:

Gazdar (1981, 1982), Gazdar et al. (1985)

# Hintergrund

Lit:

Gazdar (1981, 1982), Gazdar et al. (1985)

Annahmen:

- Natürliche Sprachen sind kontextfrei.
- Also sollten sie durch den am wenigsten mächtigen möglichen Grammatiktyp erfasst werden: Kontextfreie Grammatiken.
- Transformationsgrammatiken klassischer Prägung sind weder kontextfrei noch kontextsensitiv. Sie haben den Status von unbeschränkten Ersetzungssystemen (Peters & Ritchie (1973)).
- Generalisierte Phrasenstrukturgrammatiken (GPSGs) sind kontextfrei.

# Probleme für GPSG

## Probleme:

- 1 Natürliche Sprachen sind de facto nicht kontextfrei: **Überkreuzende Abhängigkeiten** im Schweizerdeutschen (Shieber (1985); Beweis über Pumping-Lemma für kontextfreie Sprachen).
- 2 Generalisierte Phrasenstrukturgrammatiken mit nicht weiter restringierten **Metaregeln** sind nicht mehr kontextfrei; sie sind tatsächlich auch unbeschränkte Ersetzungssysteme (Uszkoreit & Peters (1986)).

(1) Jan säit, das mer d'chind<sub>1</sub> em Hans<sub>2</sub> es huus<sub>3</sub> lönd<sub>1</sub>  
 Jan sagt dass wir [ die Kinder [ dem Hans [ das Haus anstreichen ]  
 hälfed<sub>2</sub> aastricht<sub>3</sub>  
 helfen ] lassen ]

(2) Nicht-kontextfreie Sprachen:

a.  $L_1 = \{a^n b^n c^n \mid n \geq 0\}$

b.  $L_2 = \{a^n b^m c^n d^m \mid n \geq 0\}$

(schweizerdeutsches Muster)

Die Zahl der Akkusativ-DPs entspricht der Zahl der Akkusativ zuweisenden Verben (ebenso für den Dativ); und (abgesehen von "es huus") gehen alle Akkusativ-DPs allen Dativ-DPs voran, und alle Akkusativ zuweisenden Verben allen Dativ zuweisenden Verben.

# Was wurde aus der GPSG?

Daraus wurde die HPSG (Head-driven Phrase Structure Grammar; Pollard & Sag (1994)).

In Gazdars eigenen Worten:

“We went our separate ways. There was no animosity. Ewan [Klein] and Geoff [Pullum] and I never came out and attacked HPSG or anything. We thought that HPSG was the successor to GPSG and that Ivan [Sag] was in charge of it, and that was that.”

# Bewegungstheorie in GPSG

Lit: Gazdar (1981)

Aufgabe:

- 1 Das Komplexitätsproblem von klassischen Transformationsgrammatiken Chomskyscher Prägung (Chomsky (1965)) wird nicht durch die Basiskomponente (kontextfrei), sondern durch die Transformationsregeln verursacht (die Phrasenstrukturbäume auf Phrasenstrukturbäume abbilden).

# Bewegungstheorie in GPSG

Lit: Gazdar (1981)

Aufgabe:

- 1 Das Komplexitätsproblem von klassischen Transformationsgrammatiken Chomskyscher Prägung (Chomsky (1965)) wird nicht durch die Basiskomponente (kontextfrei), sondern durch die Transformationsregeln verursacht (die Phrasenstrukturbäume auf Phrasenstrukturbäume abbilden).
- 2 Transformationsregeln scheinen notwendig, um Bewegungsphänomene in der Syntax abzuleiten.

# Bewegungstheorie in GPSG

Lit: Gazdar (1981)

Aufgabe:

- 1 Das Komplexitätsproblem von klassischen Transformationsgrammatiken Chomskyscher Prägung (Chomsky (1965)) wird nicht durch die Basiskomponente (kontextfrei), sondern durch die Transformationsregeln verursacht (die Phrasenstrukturbäume auf Phrasenstrukturbäume abbilden).
- 2 Transformationsregeln scheinen notwendig, um Bewegungsphänomene in der Syntax abzuleiten.
- 3 Die Aufgabe ist demnach, **Bewegungsphänomene ohne Transformationen** zu erfassen.
- 4 "Bewegung" ist in GPSG nur eine Metapher.

# Phrasenstrukturregeln

Annahme:

Knotenzugänglichkeitsbedingungen (node admissibility conditions) ersetzen Phrasenstrukturregeln.

(3) PS-Regel:

$$S \rightarrow NP VP$$

(4) Knotenzugänglichkeitsbedingung:

$$[_S NP VP ]$$

(5) Erste echte Regel:

$$\langle 1, [_S NP VP], VP'(\wedge NP') \rangle$$

# Struktur von Bewegungsabhängigkeiten

- 1 Oberes Ende (**top**): Endpunkt der Bewegung
- 2 Mitte (**middle**): Weg der Bewegung
- 3 Unteres Ende (**bottom**): Ausgangspunkt der Bewegung

(6) Struktur von Bewegungsabhängigkeiten:

[What... [do you think that Mary bought [t]]]

top
middle
bottom

# Abgeleitete Kategorien

Es sei  $V_N$  eine Menge von Grundkategoriesymbolen. Dann ist die Menge  $D(V_N)$  von abgeleiteten Kategorien wie folgt definiert:

(7) **Abgeleitete Kategorien:**

$$D(V_N) = \{\alpha/\beta: \alpha, \beta \in V_N\}$$

- Angenommen, S und NP wären die einzigen beiden Kategorien.
- Dann gibt es vier abgeleitete Kategorien:  
NP/NP, NP/S, S/NP, S/S.
- Das, was hier hinter der Grundkategorie steht, ist bekannt als Schrägstrich-Merkmal (bzw., besser, **Slash-Merkmal**). Das Slash-Merkmal besagt, dass der Kategorie links vom Schrägstrich die Kategorie rechts vom Schrägstrich fehlt.

# Abgeleitete Regeln

Es sei  $G$  die Menge von Grundregeln. Für jede syntaktische Kategorie  $\beta$  gibt es nun eine Teilmenge der Menge der nicht-terminalen Symbole  $V_N$ , von denen jedes  $\beta$  gemäß der Regeln in  $G$  dominieren kann. Diese Menge heiße  $V_\beta$  ( $V_\beta \subseteq V_N$ ). Für jede Kategorie  $\beta$  ( $\beta \in V_N$ ) kann nun eine endliche Menge von abgeleiteten Regeln  $D(\beta, G)$  definiert werden.

## (8) Abgeleitete Regeln:

$$D(\beta, G) = \{[\alpha/\beta \ \sigma_1 \ \dots \ \sigma_i/\beta \ \dots \ \sigma_n]: [\alpha \ \sigma_1 \ \dots \ \sigma_i \ \dots \ \sigma_n] \in G \ \& \ 1 \leq i \leq n \ \& \ \alpha, \sigma_i \in V_\beta\}.$$

# Beispiele

(9) G =

- a. {[S NP VP],
- b. [VP V VP'],
- c. [VP V NP],
- d. [PP P NP],
- e. [S' that S],
- f. [VP V S'],
- g. [VP' to VP],
- h. [VP V NP PP],
- i. [NP NP PP] }

## Beispiele

(9) G =

- a. {[S NP VP],
- b. [VP V VP'],
- c. [VP V NP],
- d. [PP P NP],
- e. [S' that S],
- f. [VP V S'],
- g. [VP' to VP],
- h. [VP V NP PP],
- i. [NP NP PP] }

(10) D(NP,G) =

- a. {[S/NP NP/NP VP], [S/NP NP VP/NP],
- b. [VP/NP V VP'/NP],
- c. [VP/NP V NP/NP],
- d. [PP/NP P NP/NP],
- e. [S'/NP that S/NP],
- f. [VP/NP V S'/NP],
- g. [VP'/NP to VP/NP],
- h. [VP/NP V NP/NP PP], [VP/NP V NP PP/NP],
- i. [NP/NP NP/NP PP], [NP/NP NP PP/NP] }

## Beispiele

(9) G =

- {[S NP VP],
- [VP V VP'],
- [VP V NP],
- [PP P NP],
- [S' that S],
- [VP V S'],
- [VP' to VP],
- [VP V NP PP],
- [NP NP PP] }

(10) D(NP,G) =

- {[S/NP NP/NP VP], [S/NP NP VP/NP],
- [VP/NP V VP'/NP],
- [VP/NP V NP/NP],
- [PP/NP P NP/NP],
- [S'/NP that S/NP],
- [VP/NP V S'/NP],
- [VP'/NP to VP/NP],
- [VP/NP V NP/NP PP], [VP/NP V NP PP/NP],
- [NP/NP NP/NP PP], [NP/NP NP PP/NP] }

(11) D(PP,G) =

- {[S/PP NP/PP VP], [S/PP NP VP/PP],
- [VP/PP V VP'/PP],
- [VP/PP V NP/PP],
- [PP/PP P NP/PP],
- [S'/PP that S/PP],
- [VP/PP V S'/PP],
- [VP'/PP to VP/PP],
- [VP/PP V NP/PP PP], [VP/PP V NP PP/PP],
- [NP/PP NP/PP PP], [NP/PP NP PP/PP] }

# Oben, Mitte, Unten

Abgeleitete Regeln erfassen die Slash-Merkmal-Weitergabe in der **Mitte** von Bewegungsabhängigkeiten. Es fehlen noch Regeln für das **Obere Ende** und für das **Untere Ende**. Diese Regeln sind nicht-abgeleitete Grundregeln.

(12) **Unteres Ende** ('Slash Termination'):

$$\langle 4, [\alpha/\alpha \text{ t}], h_\alpha \rangle$$

(t = Spur; h = Bedeutung der jeweiligen Spur, je nach logischem Typ)

(13) Merkmale für Satzkategorien:

a.  $[\pm C(\text{omplement}), [\pm R(\text{elative})], [\pm Q(\text{interrogative})]$

b.  $S = [-C, -R, -Q]$

c.  $S' = [\pm C, -R, -Q]$

d.  $R = [+C, +R, -Q]$

e.  $Q_1 = [-C, -R, +Q]$

f.  $Q_2 = [+C, -R, +Q]$

(Relativsatz)

(Wurzel-Interrogativsatz)

(eingebetteter Interrogativsatz)

(14) Relativsatzregel:

$$\langle 5, [{}_{NP} NP R], \lambda R[NP'](R') \rangle$$

(15) **Oberes Ende** (für Relativsätze):

a.  $\langle 6, [R (NP_{[\pm wh, +pro]} S/NP), (...)] \rangle$

b.  $\langle 7, [R PP_{[+wh, +pro]} S/PP], (...)] \rangle$

# Beispiel

(16) Bewegung eines Objekt-Relativpronomens:

[<sub>NP</sub> [<sub>NP</sub> the man] [<sub>R</sub> [<sub>NP</sub> that<sub>[-wh,+pro]</sub> [<sub>S/NP</sub> [<sub>NP</sub> Fido] [<sub>VP/NP</sub> [<sub>V</sub> chased] [<sub>NP/NP</sub> t]]]]]]]]

# Beschränkungen

Beschränkungen für Bewegung können kodiert werden in Form von Restriktionen für die Bildung abgeleiteter Kategorien.

(17) **A-über-A-Beschränkung:**

$\alpha \neq \beta$  in (18) (= (8)).

(18) **Abgeleitete Regeln:**

$D(\beta, G) = \{[\alpha/\beta \ \sigma_1 \ \dots \ \sigma_i/\beta \ \dots \ \sigma_n] : [\alpha \ \sigma_1 \ \dots \ \sigma_i \ \dots \ \sigma_n] \in G \ \& \ 1 \leq i \leq n \ \& \ \alpha, \sigma_i \in V_\beta\}.$

# Generalisierte Beschränkung des linken Zweigs

- (19) **Beschränkung des linken Zweiges<sup>d</sup>** (Ross (1967)):  
 Die am weitesten links stehende NP in einer größeren NP' kann aus dieser NP' nicht herausbewegt werden.
- (20) **Generalisierte Beschränkung des linken Zweiges<sup>r</sup>** ('Generalized Left Branch Condition', Gazdar (1981)):  
 $*[\alpha/\beta \sigma/\beta \dots]$   
 wobei  $\alpha$  und  $\sigma$  beliebige Kategorien sind und  $\beta = \text{NP}$ .

## Vorhersage:

Subjekt-Bewegung wie in (21-a-d) sollte durchweg unmöglich sein.

- (21) a. \*The man chased Fido returned.  
 b. The man that chased Fido returned.  
 c. The man (who) I think chased Fido returned.  
 d. \*The man (who) I think that chased Fido returned.

# Subjekt-Auxiliar-Inversion und Fragesätze

(22) **SAI-Metaregel:**

$$[VP_{[+fin,+aux]} V X] \implies [Q V_{[+fin,+aux]} NP X]$$

(23) a. is stupid ( $\implies$ )

b. is Kim stupid

(24) **Fragesatzregel:**

$$\langle 8, [Q \alpha_{[+wh]} Q/\alpha], (...) \rangle$$

wobei  $\alpha \in \{NP, PP, AP, AdvP\}$

(25) a. Who did you think Mary saw?

b. In which car was the man seen?

c. How slowly would you say he was driving?

d. How suspicious was Mary?

# Subjekt-Initiale Fragesätze

Problem:

Wie werden kurze Subjekt-Abhängigkeiten behandelt?

(26) a. Who saw the man?

b. Which man drove the car?

(27) Was gebraucht wird:

$[Q \text{ NP}_{[+wh]} \text{ VP}_{[+fin]} ]$

(28) Was vorgeschlagen wird – Subjekt-Terminations-Metaregel:

$[\alpha \text{ X } \Sigma_{[-C]}/\text{NP} \dots] \implies [\alpha \text{ X } \text{VP}_{[+fin]} \dots]$

wobei X wenigstens ein Haupt-Kategoriensymbol enthält, wobei  $\alpha$  für Beliebiges steht, und wobei  $\Sigma$  eine Variable über Satzkategorien ist.

Konklusion: In den Subjektfällen erfolgt gar keine Bewegung, und es gibt keine Spur.

## Beispiele für die Anwendung der Metaregel

- (29) a.  $[_{Q_1} \text{ NP}_{[+wh]} \text{ Q/NP}] \implies [_{Q_1} \text{ NP}_{[+wh]} \text{ VP}_{[+fin]}]$  (Hauptsatzfragen)  
 b.  $[_{Q_2} \text{ NP}_{[+wh]} \text{ S/NP}] \implies [_{Q_2} \text{ NP}_{[+wh]} \text{ VP}_{[+fin]}]$  (eingebettete Fragen)

# Beschränkungen für Koordinationsstrukturen

(30) Koordinationsschema:

$$\langle 2, [\alpha \ \alpha_1, \dots, \alpha_n], \beta'(\alpha_1', \dots, \alpha_n') \rangle$$

[ $\beta$ ]

Konsequenz:

Nur Elemente derselben syntaktischen Kategorie können koordiniert werden.

(31) **CSC-Effekte:**

- a. \*John is [VP/NP easy to please ] and [VP to love Mary ]
- b. \*The man who [S/NP Mary loves ] and [S Sally hates George ] computed my tax

(32) **ATB-Ausnahmen:**

- a. John is [VP/NP easy to please ] and [VP/NP to love ]
- b. The man who [S/NP Mary loves ] and [S/NP Sally hates ] computed my tax

Bemerkung:

Es ist nicht klar, wie diese Argumentation in Theorien mit echter Bewegung implementiert werden kann – denn die Besetzung etwa einer SpecC-Position sollte keinen Einfluss auf die kategoriale Identität eines Elements haben.

# Überraschende Effekte

Die Analyse von Subjektextraktionen macht in Interaktion mit dem Koordinationsschema eine interessante Prognose.

- (33) a. I know a man who [<sub>S/NP</sub> Bill saw t ] and [<sub>S/NP</sub> Mary liked t ]  
 b. I know a man who [<sub>VP</sub> saw Bill ] and [<sub>VP</sub> liked Mary ]  
 c. \*I know a man who [<sub>S/NP</sub> Bill saw t ] and [<sub>VP</sub> liked Mary ]  
 c' \*I know a man who Bill [<sub>VP/NP</sub> saw t ] and [<sub>VP</sub> liked Mary ]  
 d. I know a man who Mary [<sub>V/NP</sub> likes t ] and [<sub>VP/NP</sub> hopes will win ]

# Veränderungen in Gazdar et al. (1985): Mitte

Annahme: Regel (8) wird aufgegeben. (Das ist auch besser so, denn Metaregeln sind aus den oben angeführten Komplexitätsgründen nunmehr darauf beschränkt, auf **lexikalischen PS-Regeln** (genauer: ID-Regeln) zu applizieren.)

Frage: Wie funktioniert denn dann die Informationsweitergabe in der **Mitte** von Bewegungsabhängigkeiten?

Antwort:

- SLASH ist ein Kategorie-wertiges KOPF- wie, vor allem, FUSS-Merkmal.

(34) **FUSS-Merkmalprinzip** ('foot feature principle', FFP; informell):

Die FUSS-Merkmalsspezifikationen, die in einem Baum auf einer Mutterkategorie instantiiert werden, müssen mit der Unifikation der instantiierten FUSS-Merkmalsspezifikationen auf all ihren Töcherkategorien identisch sein.

Hintergrund ('Instantiierung' etc.): Metagrammatik erzeugt Objektgrammatik: Die primitiven Regeln sind linearisierungsfreie ID-Regeln abstrakter Natur, die durch Merkmalskookkurrenzbeschränkungen, Merkmalspezifikations-Defaults, Linearisierungsprinzipien usw. zur Regeln der Objektgrammatik aufgefüllt werden.

(35) Abstrakte ID-Regeln:

- $S \rightarrow XP, H[-SUBJ]$
- $VP \rightarrow H[1]$
- $VP \rightarrow H[2], NP$

(36) Lokale Bäume nach SLASH-Instantiierung:

- $[S/NP \ NP \ VP/NP]$
- 
- $[VP/NP \ V \ NP/NP]$

# Veränderungen in Gazdar et al. (1985): Unteres und oberes Ende

Unteres Ende:

- (37) **SLASH Termination Metarule 1** (STM 1; Spureneinführung):  
 $X \rightarrow W, XP \Rightarrow X \rightarrow W, XP[+NULL]$

Bemerkungen:

- Metaregeln können nur vor Merkmalsinstantiierung applizieren.
- Metaregeln können nur Regeln betreffen, die lexikalische Kategorien einführen.

Wie sichergestellt wird, dass (37) nur zum Beenden von Bewegungsabhängigkeiten benutzt werden kann:

- 1 FSD 3:  $\neg [NULL]$
- 2 FCR 19:  $[+NULL] \supset [SLASH]$
- 3 Lexikalisches Element: Leere Kette kann als Tochter von  $\alpha[+NULL]/\alpha$  auftreten.
- 4 FFP: Was immer auf einer  $[+NULL]$ -Tochter instantiiert ist, ist auch auf der Mutter instantiiert.

Oberes Ende:

- (38)  $S \rightarrow XP, H/XP$

## Literatur

- Chomsky, Noam (1965): *Aspects of the Theory of Syntax*. MIT Press, Cambridge, MA.
- Gazdar, Gerald (1981): Unbounded Dependencies and Coordinate Structure, *Linguistic Inquiry* 12, 155–184.
- Gazdar, Gerald (1982): Phrase Structure Grammar. In: *The Nature of Syntactic Representation*. Reidel, Dordrecht, pp. 131–186.
- Gazdar, Gerald, Ewan Klein, Geoffrey Pullum & Ivan Sag (1985): *Generalized Phrase Structure Grammar*. Blackwell, Oxford.
- Peters, Stanley & R.W. Ritchie (1973): On the Generative Power of Transformational Grammars, *Information Sciences* 6, 49–83.
- Pollard, Carl J. & Ivan A. Sag (1994): *Head-Driven Phrase Structure Grammar*. University of Chicago Press, Chicago.
- Ross, John (1967): Constraints on Variables in Syntax. PhD thesis, MIT, Cambridge, Mass.
- Shieber, Stuart (1985): Evidence Against the Contextfreeness of Natural Language, *Linguistics and Philosophy* 8, 333–343.
- Uszkoreit, Hans & Stanley Peters (1986): On Some Formal Properties of Metarules, *Linguistics and Philosophy* 9, 477–494.