

Wert, dann werden sie als koreferent bezeichnet: sie strukturteilen ihre Werte (*structure sharing*).³ Dies wird in grafischen Darstellungen durch gleiche Indizierung visualisiert. **Unifikation:** Widersprechen sich zwei zu unifizierende Strukturen (wobei die Unifizierung fehlschläge) nicht, dann ist das Ergebnis einer Unifikation die Vereinigungsmenge der Informationen aus beiden AVMs.

2.1. Aufbau von Merkmalstrukturen

Eine AVM wird in Anlehnung an Ferdinand de Saussure *Zeichen (sign)* genannt. HPSG kennt zwei Zeichen: ein lexikalisches und ein phrasales.⁴

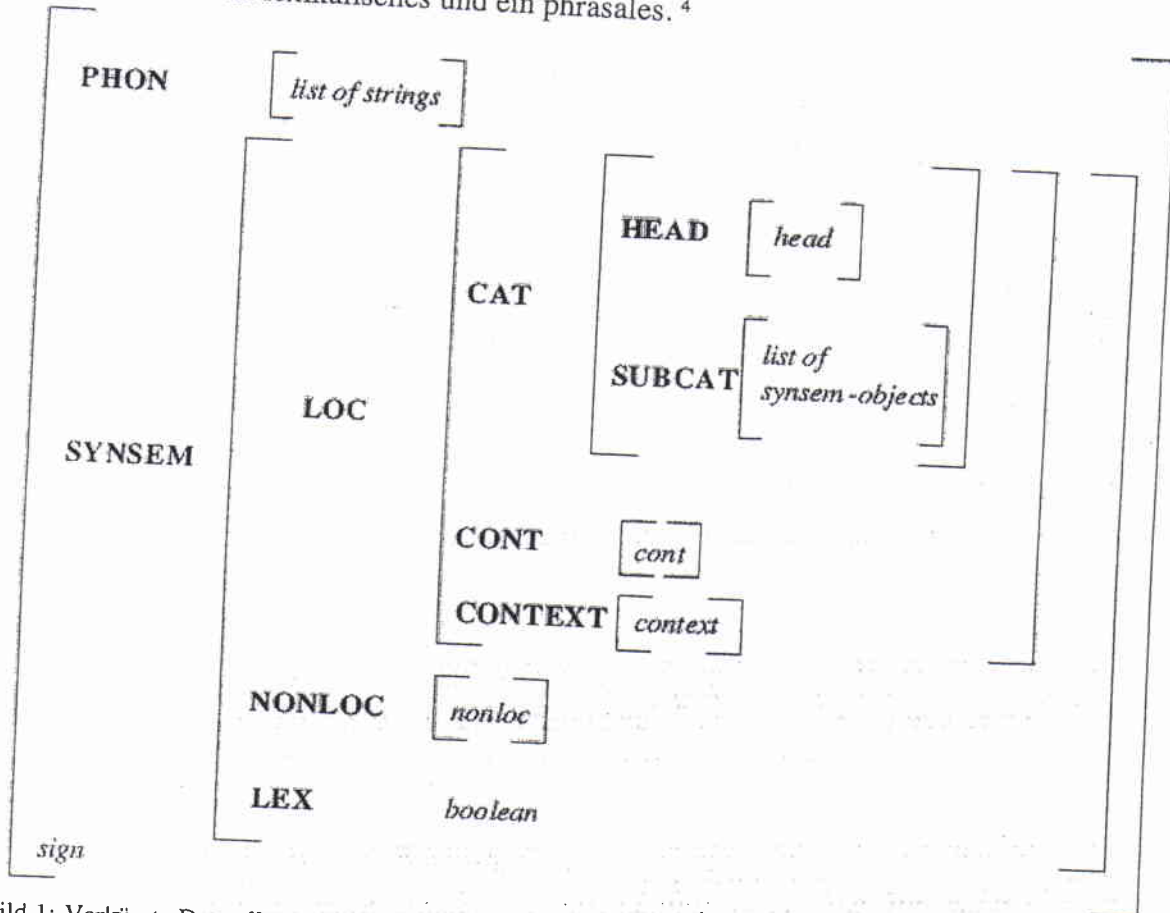


Bild 1: Verkürzte Darstellung eines abstrakten (lexikalischen) Zeichens

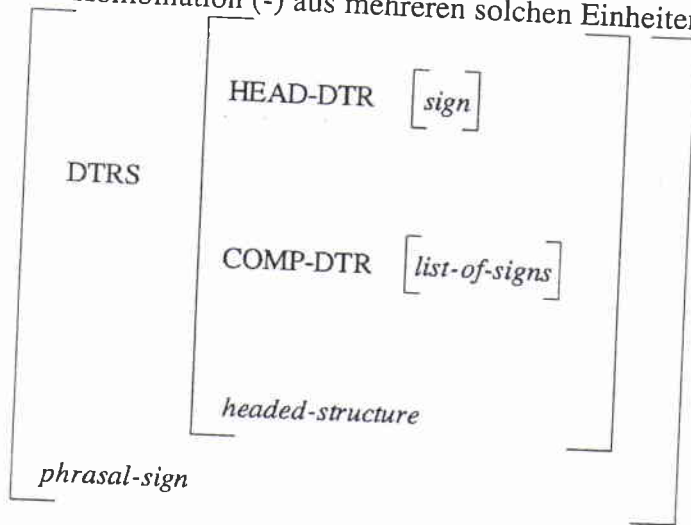
- PHONOLOGY repräsentiert die phonologische Struktur des Zeichens.
- Unter dem Attribut von SYNSEM werden syntaktische⁵ und semantische Merkmale zusammengefasst. Es gibt lokale (LOC) und nicht-lokale (NONLOC) Merkmale.
- Unter dem Pfad SYNSEM | LOC liegen Informationen zur syntaktischen Kategorie eines Zeichens (CAT), aber auch kontext-unabhängige (CONT[ent]) und kontext-abhängige (CONTEXT) semantische Merkmale.

³ Es werden Zeiger (Pointer) auf ein Objekt gesetzt

⁴ In allen folgenden Darstellungen von AVMs fehlen Attribute, damit die Struktur lesbar bleibt

⁵ Siehe Kapitel 4. ff

- Unter SYNSEM | LOC | CAT | HEAD liegen die Informationen, die ein Kopf mit seiner phrasalen Projektion teilt. Das SUBCAT-Attribut spezifiziert den Sättigungsgrad eines Zeichens. Hier stehende Einträge zeigen auf die Valenzpartner des Zeichens.
- LEX ist ein binärer Wert. Entweder ist das Zeichen eine lexikalische Einheit (+) oder durch Kombination (-) aus mehreren solchen Einheiten entstanden.

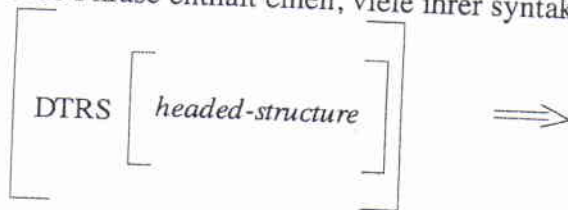


Phrasale Zeichen benötigen zusätzlich ein rekursives DAUGHTERS-Merkmal, in dem die Informationen über die Töchter stehen, aus denen sich ein phrasales Zeichen zusammensetzt. Bei Kopf-Komplement-Strukturen wird zwischen Kopf-Tochter (HEAD-DTR) und Komplement -Töchtern (COMP-DTRS) unterschieden.

Bild 2: das rekursive DAUGHTERS-Merkmal

2.2 Kopfmerkmale und Kopfmerkmalprinzip

Jede Phrase enthält einen, viele ihrer syntaktischen Eigenschaften bestimmenden lexikalischen



Kopf. Dieses universalgrammatische Prinzip wird durch die linke AVM beschrieben:

Ein Zeichen teilt seine Kopfmerkmale mit jenen der Kopftochter.

Diese Strukturteilung wird durch den Nummern-Index signalisiert.

Bild 3: Head Feature Principle

Auf der linken Seite ist eine AVM mit der Präpositionalphrase *mit dem Hund* als Beispiel abgebildet.

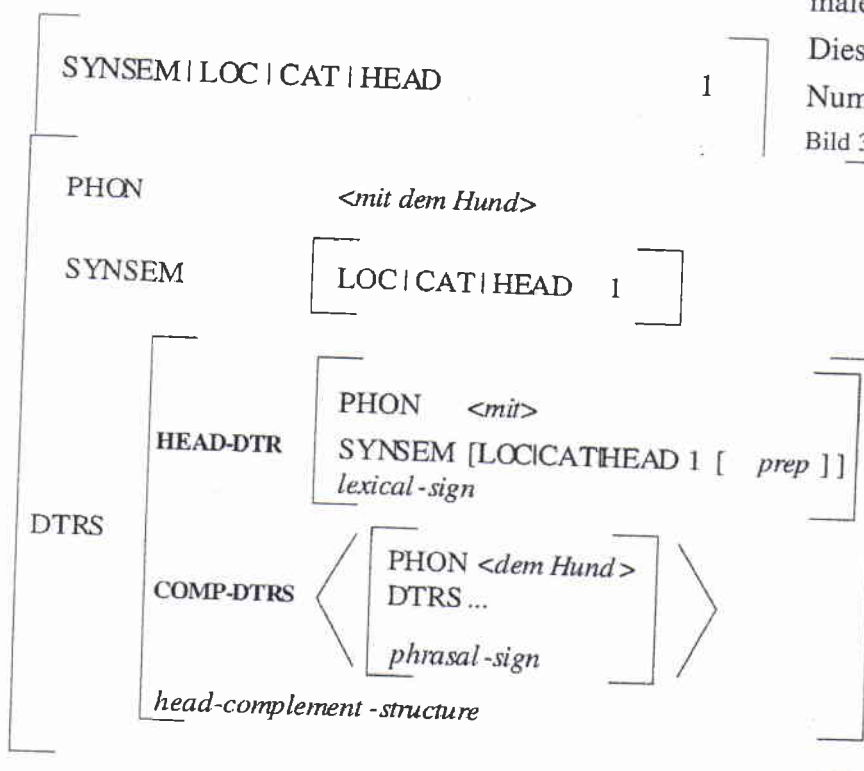


Bild 4: Beispiel des Kopfmerkmalprinzips

2.3. Subkategorisierungsmerkmal und Subkategorisierungsprinzip

Das Subkategorisierungsprinzip ist universalgrammatisch. Es wird folgend definiert:

"In einem phrasalen Zeichen, dessen DTRS-Wert vom Typ headed-structure ist, ist der SUBCAT-Wert der Kopftochter die Verknüpfung der Subcat-Liste des phrasalen Zeichens mit der Liste der SYNSEM-Werte der Elemente in der COMP-DTRS-Liste" (Müller, S. 10).⁶

Die möglichen Valenzpartner eines lexikalischen oder phrasalen Zeichens werden in HPSG unter dem Merkmal SUBCAT in einer Liste festgelegt. In Sätzen mit finitem Verb ist das Subjekt Bestandteil der SUBCAT-Liste des Verbs; Sätze sind demnach vollständige Projektionen des Verbs. Bei infiniten Konstruktionen hat das Kopfmerkmal den Zusatz SUBJ, das als Wert eine Liste mit maximal einem Element hat. Subjekte und nicht-Subjekte sind also nicht konfigural sondern lexikalisch definiert. Die Reihenfolge der einzelnen Elemente in der SUBCAT-Liste sagt nichts über die Oberflächenreihenfolge aus.

Das Subkategorisierungsmerkmal ermöglicht es zudem, die aus Phrasenstruktur-Regeln bekannten Grammatiksymbole als komplexe Merkmalstrukturen zu beschreiben. In HPSG werden diese Symbole häufig als Abkürzungen innerhalb von Merkmalstrukturen verwendet; sie stehen dann stellvertretend für die komplexere Darstellungsweise. Durch entsprechende Instanzierung der LEX und SUBCAT-Merkmale können die unterschiedlichen Komplexitätsstufen von Kategorien aus der X-Bar-Theorie dargestellt werden (vgl. Müller, S.8). Die leere Liste unter LOC | CAT | SUBCAT zeigt dabei ein gesättigtes Zeichen an.

Symbol	Merkmalstruktur (Teilspezifikation)								
N	<table border="1"> <tr> <td>LOCICAT</td> <td> <table border="1"> <tr> <td>HEAD</td> <td>[noun]</td> </tr> <tr> <td>SUBCAT</td> <td><DET></td> </tr> </table> </td> </tr> <tr> <td>LEX +</td> <td></td> </tr> </table>	LOCICAT	<table border="1"> <tr> <td>HEAD</td> <td>[noun]</td> </tr> <tr> <td>SUBCAT</td> <td><DET></td> </tr> </table>	HEAD	[noun]	SUBCAT	<DET>	LEX +	
LOCICAT	<table border="1"> <tr> <td>HEAD</td> <td>[noun]</td> </tr> <tr> <td>SUBCAT</td> <td><DET></td> </tr> </table>	HEAD	[noun]	SUBCAT	<DET>				
HEAD	[noun]								
SUBCAT	<DET>								
LEX +									
<u>N</u>	<table border="1"> <tr> <td>LOCICAT</td> <td> <table border="1"> <tr> <td>HEAD</td> <td>[noun]</td> </tr> <tr> <td>SUBCAT</td> <td><DET></td> </tr> </table> </td> </tr> <tr> <td>LEX -</td> <td></td> </tr> </table>	LOCICAT	<table border="1"> <tr> <td>HEAD</td> <td>[noun]</td> </tr> <tr> <td>SUBCAT</td> <td><DET></td> </tr> </table>	HEAD	[noun]	SUBCAT	<DET>	LEX -	
LOCICAT	<table border="1"> <tr> <td>HEAD</td> <td>[noun]</td> </tr> <tr> <td>SUBCAT</td> <td><DET></td> </tr> </table>	HEAD	[noun]	SUBCAT	<DET>				
HEAD	[noun]								
SUBCAT	<DET>								
LEX -									
<u><u>N</u></u>	<table border="1"> <tr> <td>LOCICAT</td> <td> <table border="1"> <tr> <td>HEAD</td> <td>[noun]</td> </tr> <tr> <td>SUBCAT</td> <td><></td> </tr> </table> </td> </tr> <tr> <td>LEX -</td> <td></td> </tr> </table>	LOCICAT	<table border="1"> <tr> <td>HEAD</td> <td>[noun]</td> </tr> <tr> <td>SUBCAT</td> <td><></td> </tr> </table>	HEAD	[noun]	SUBCAT	<>	LEX -	
LOCICAT	<table border="1"> <tr> <td>HEAD</td> <td>[noun]</td> </tr> <tr> <td>SUBCAT</td> <td><></td> </tr> </table>	HEAD	[noun]	SUBCAT	<>				
HEAD	[noun]								
SUBCAT	<>								
LEX -									

Bild 5: Merkmalstrukturen lassen sich durch folgende Bar-Level beschreiben

3. Dominanzstrukturen

Ein weiteres universalgrammatisches Prinzip ist das sogenannte Immediate Dominance Principle (IDP). Diese Dominanzschemata sind eine abstrakte Beschreibung von möglichen (lokalen) Phrasenstrukturbäumen, entsprechen also den PS-Regeln oder dem X-Bar-Schemata.

3.1. Flache Dominanzstrukturen

⁶Als Beispiel siehe unter Kapitel 3.1. „Kopf-Komplement-Schema 1“

In der Fassung ihrer Gründer besteht das IDP aus drei weiteren Dominanzschematas (Pollard & Sag, S. 37ff) neben einer Reihe anderer Regeln (z.B. zur Erklärung von Kopf-Adjunkt-Strukturen).⁷

Kopf-Komplement-Schema 1: Eine mögliche wohlgeformte Phrase ist „eine bereits gesättigte Phrase, deren Kopftochter ein phrasales Zeichen ist, und die genau eine Komplementtochter hat.“ (Müller, S. 15):

phrasal sign := SYNSEM | LOC | CAT | SUBCAT < >
 SYNSEM | LOC | CAT | HEAD 1
 SYNSEM | LEX -
 DTRS | HEAD-DTR [SYNSEM | LEX -]
 DTRS | HEAD-DTR [SYNSEM | LOC | CAT | HEAD 1]
 DTRS | HEAD-DTR [SYNSEM | LOC | CAT | SUBCAT 2]
 COMP-DTRS | DTRS | HEAD-DTR [SYNSEM | LOC | CAT | SUBCAT 2]

Dies entspricht der X-Bar-Regel: $X'' \rightarrow \text{specifier } X'$

Kopf-Komplement-Schema 2:⁸ Eine mögliche wohlgeformte Phrase ist „eine fast gesättigte Phrase, deren Subcat-Liste nur noch ein Element enthält, mit einem DTRS-Wert vom Typ head-complement-structure, in der die Kopftochter ein lexikalisches Zeichen ist.“ (Müller, S. 15). Es ergibt sich eine flache Syntaxstruktur, da ein lexikalischer Kopf mehr als zwei Elemente in seiner SUBCAT-Liste enthalten kann (z.B. bei ditransitiven Verben).

Das sich ergebende Schema entspricht der X-Bar-Regel: $X' \rightarrow X^\circ (\text{complement}')$

Kopf-Komplement-Schema 3: Eine mögliche wohlgeformte Phrase ist „eine gesättigte Phrase mit einem DTRS-Wert vom Typ head-complement-structure, in der die Kopftochter ein lexikalisches Zeichen ist.“ (Müller, S. 15).

Dies ergibt wiederum eine flache Syntaxstruktur, und da die Zwischenstufe X' direkt "übersprungen" wird, entspricht das sich ergebende Schema den zwei X-Bar-Regeln:

$X'' \rightarrow X'$

$X' \rightarrow X^\circ (\text{complement}')$

Ein lexikalischer Kopf wird also mit all seinen Komplementen zu einer gesättigten Phrase kombiniert.

3.2. Problemfälle flacher Dominanzstrukturen

Müller kritisiert das Kopf-Komplement-Schemata von Pollard & Sag, da die drei vorgestellten Regeln mehr als nur Beschreibungen möglicher lokaler Phrasenstrukturen sind.

Grundsätzlich dürften sie nichts aussagen über die Oberflächenanordnung der einzelnen Komplemente, jedoch implizieren sie Phänomene der Wortstellung von SVO Sprachen, wie z.B. des Englischen: Schema 1 fasst Konstruktionen mit linksgestelltem Komplement, Schema 2 rechtsgestellte Komplemente und Schema 3 die Erststellung des finiten Verbs.

⁷ Im Folgenden verzichte ich aus Platzgründen auf sprechendere Grafiken; diese sind bei Müller, S. 15 und bei Estermann, S. 11Ff, zu finden

⁸ Auf die weitere explizite Aufzählung der Attribute und Werte wird verzichtet

Für Sprachen mit anderer Wortstellung müssten weitere Schemata formuliert werden. Dadurch würde das IDP aber den universalgrammatischen Anspruch verlieren, wenn es bloss die (potentiell unendliche) Aufzählung beliebiger Regeln umfasst.

Zudem lassen sich mit den drei Schemata für identische Konstruktionen unterschiedliche Syntaxbäume ableiten - und dies macht, ohne semantische Motivation, wenig Sinn.

1. Kombination von Regel 1 und 2:

weil [[sie]₁ [[dem Hund]₂ [einen Ball]₃ [gibt]_{V'(SUBCAT <1,2,3>)}]_{V'(SUBCAT <1>)}]_{V''(SUBCAT <>)}

2. Direkte Ableitung aus Schema 3:

weil [[sie]₁ [dem Hund]₂ [einen Ball]₃ [gibt]_{V'(SUBCAT <1,2,3>)}]_{V''(SUBCAT <>)}

Uszkoreit (1986) argumentiert, daß flache Strukturen nicht ausreichen um z.B. die deutsche Sprache zu beschreiben. Der Hauptgrund⁹ ist das sogenannte *complex fronting*, also das Voranstellen z.B. nicht-finiten Verben mit einigen ihrer Komplemente und Adjunkte wie in (2)

gezeigt wird. Da es nur möglich ist, eine einzelne Konstituente voranzustellen, können flache Strukturen aus dem Beispiel *sollte der Kurier nachher einem Spion den Brief zustecken* z.B. in

(1) **zustecken** sollte der Kurier nachher einem Spion den Brief

usw. überführt werden, aber nicht etwa in

(2) **den Brief zustecken** sollte der Kurier nachher einem Spion.

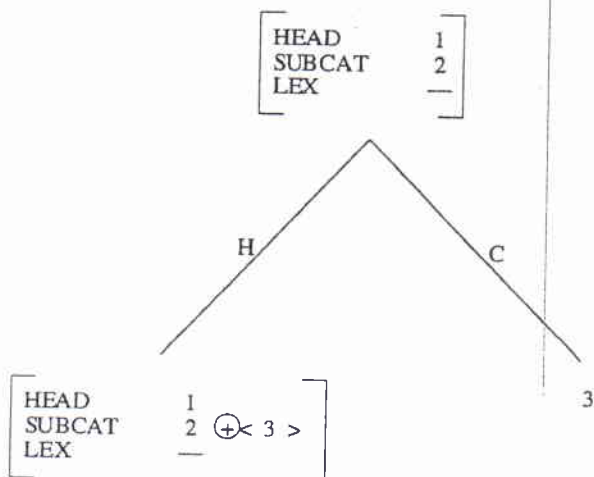
3.3. Binär verzweigende Dominanzstrukturen

Müllers Lösung für die in Kapitel 3.2. beschriebenen Probleme liegt in der Formulierung eines einzigen, (hier vereinfacht dargestellten) generalisierten Kopf-Komplement-Schemas:

phrasal sign:= SYNSEM | LEX -

DTRS | COMP-DTRS <[]>

Dies ergibt folgende Syntaxstruktur:



In Kopf-Komplement-Strukturen wird neben der Kopftochter immer genau eine Komplementtochter zugelassen. Dies gewährleistet binär verzweigende Strukturen, bei denen immer zwei Elemente, ein Kopf und ein Komplement, zu einer übergeordneten Einheit kombiniert werden.

Bild 6: vereinfachte Syntaxstruktur zum generalisierten Kopf-Komplement-Schema

⁹ Für weitere Gründe siehe Uszkoreit 1991

4. Konstituentenreihenfolge

Da die binären Bäume so viele Vorteile haben, stellt sich die Frage, warum diese nicht generell flache Strukturbäume ersetzen. Der Grund liegt in der Erzeugung wohlgeformter Wortstellungen.

4.1. Lineare Präzedenzbedingung (Linear Precedence Rule (LP))

Gazdar und Pullum (1982) entwickelten die "erlaubenden Linearisierungen" (permissible linearizations), die sogenannten LPs. Mit diesen lassen sich in GPSG (Gazdar et al. 1985) die Möglichkeiten der Linearisierungen von Immediate-Dominance (ID) Regeln beschränken. Die lineare Präzedenzbedingung stellt dabei eine Art Filter dar, der aus allen möglichen Anordnungen nur eine relevante Reihenfolge (oder auch mehrere) herausfiltert. Normalerweise erlauben LPs aber nur das Ordnen von Schwesterkonstituenten, benötigen also flache Strukturen. Engelkamp, Erbach und Uszkoreit zeigen eine Möglichkeit, LPs auch auf binäre Strukturen anzuwenden.¹⁰ Die Konstruierung wohlgeformter Wortstellung von SVO Sprachen, wie z.B. des Englischen, ist bequemer zu erreichen, wenn die von Pollard & Sag beschriebenen IDPs¹¹ in Zusammenhang mit den LPs verwendet werden.

LPs sind folgendermaßen aufgebaut:

$X < Y$.

Dies bedeutet, daß in einem Satz die Tochter mit dem Merkmal X der Schwester mit dem Merkmal Y vorrausgeht.

4.2. Konstituentenreihenfolge im Englischen

Lexikalische Köpfe¹² stehen im Englischen am Anfang einer Phrase (anders gesagt: der Kopf präzidiert seine Schwestern):

LP_1: HEAD [LEX +] < []

Wenn Phrasen mehrere Komplemente beinhalten, müssen diese untereinander geordnet werden.

Dies geschieht durch die sogenannte Obliqueness Hierarchy:

LP_2: COMPLEMENT << COMPLEMENT

Das Zeichen '<<' entspricht dem einfachen '<', wird aber nur dann ausgeführt, wenn das linke Element weniger oblique ist als das rechte.

Heavy NP Shifts sind Änderungen im Satzbau. Es wird eine Konstituente in den rechten Fokus gesetzt, z.B. :

Kim [put [on the table] [the book he bought in Vienna]].

LP_3: [MAJ \neg N] < [FOCUS +]

bedeutet, daß ein fokussiertes Element nicht rechts von einer NP auftauchen darf.

¹⁰ Siehe Kapitel 4.3.

¹¹ Siehe Kapitel 3.1.

¹² Gemeint ist deren phonologisches Merkmal

* Kim [gave [a book] [the young student who came in]].

Nun verletzt LP_3 aber LP_2.¹³

Durch folgende Modifikation sollte ein Widerspruch ausschließbar sein:

LP_3.1 : [FOCUS +] < [MAJ N],

d.h., das fokussierte Element muß vor der NP stehen. Über die Disjunktion der beiden Regeln : LP_2 ; LP_3.1

sollten alle Reihenfolgen widerspruchslös generierbar sein.

Mit weiteren Regeln lassen sich Adjunkte anordnen und beispielsweise Passiv-Konstruktionen erzeugen.

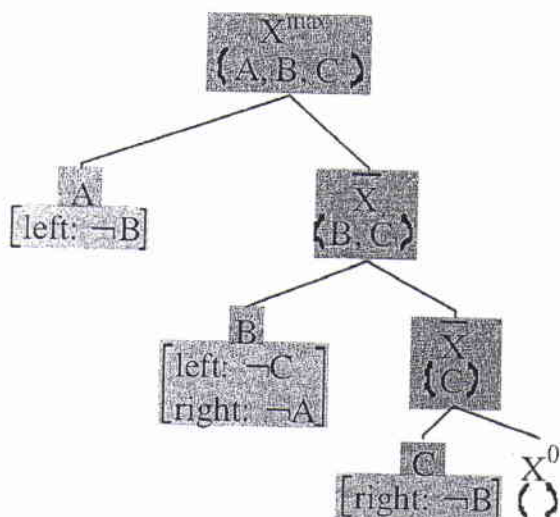
Die gesamte Wortstellung im Englischen ist hinreichend beschreibbar.

4.3. Konstituentenreihenfolge im Deutschen

Wie in Kapitel 3.2. gezeigt, reichen für die Beschreibung des Deutschen flache Dominanzstrukturen nicht aus. Engelkamp, Erbach und Uszkoreit zeigen, wie LPs über Knoten hinweg wirken können.

Gegeben seien die Komplemente {A,B,C} und die LPs {A < B, B < C}.

Jede Projektion trägt die Informationen über ihre Konstituenten (grüne Färbung) und jedes



Komplement trägt die Informationen darüber, was sich links und rechts befinden darf (hellblaue Färbung). Ein Komplement wird nur dann mit einer Projektion kombiniert wenn die Projektion keine Konstituente beinhaltet, die das Komplement auf ihrer linken oder rechten Seite verbietet, abhängig davon, auf welcher Seite die Projektion hinzugefügt werden soll.

Bild 7: über Knoten wirkende LPs

Für ein Beispiel seien folgende LPs gegeben:

{ nom < dat, nom < acc, dat < acc, pro < nonpro }. Diese LPs werden jetzt in die AVM der lexikalischen Zeichen enkodiert. Der Pfad SYNSEM | LOC | HEAD wird um LEFT und RIGHT erweitert. Z.B. würde dem Attribut LEFT im Falle (1) einer Dativ-Konstituente das Attribut ACC samt dem booleschen Wert (-) zugeordnet.

Für die Beschränkung der rechten Seite sähe der Pfad dann so aus:

(2) SYNSEM | LOC | HEAD | RIGHT {NOM -, PRO - }, da rechts der Dativ-Konstituente kein Nominativ und keine pronominale Konstituente stehen darf.

Lexikalische Köpfe und deren Projektionen tragen das LP-STORE Merkmal:

¹³ Siehe Lohmann

SYNSEM | LOC | LP-STORE { } .

In diesem stehen LP-relevante Informationen, im Dativ-Beispiel also DAT + . Diese Informationen werden später nach glücklicher Projektion akkumuliert.

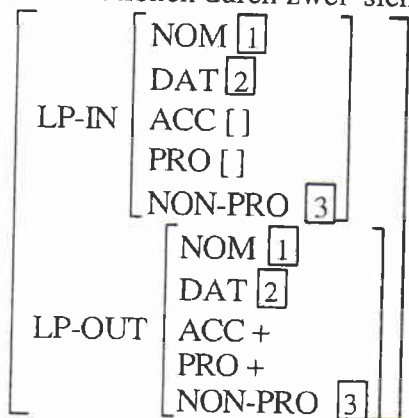
In dem Beispiel 3.2.1. ist der lexikalische Kopf des Verbs durch keine LP beschränkt. Bei einer Projektion von *einen Brief zusteckt* wird sich der leere LP-STORE um die Informationen der non-pronominalen Akkusativ-Konstituente um eben diese Informationen erweitern, also:

(3) SYNSEM | LOC | LP-STORE { ACC +, NON-PRO + } .

Wird versucht, die Projektion *einen Brief zusteckt* auf die rechte Seite der Dativ-Konstituenten aus (1) zu stellen, so schlägt dies fehl, da Akkusativ-Konstituenten nicht rechts von Dativ-Konstituenten stehen dürfen. Die Kombination von (2) und (3) ist dagegen problemlos.

Manipulation von LP-STORE

In Projektionsprozessen werden Informationen über Konstituenten zugefügt. Dies darf allerdings nicht durch Unifikation geschehen, da Werte den Merkmalen zugefügt werden die im späteren Verlauf von Projektion und Zufügen von Konstituenten zu Unifikationsfehlern führen würden. Die Beziehung zwischen dem LP-STORE einer Projektion und dem LP-STORE seines Mutterknotens wird deshalb im Argument (dem Komplement der Projektion) enkodiert: das Argument erweitert das LP-STORE der Projektion (also der Schwester des Arguments) um seine Informationen durch zwei sichere Schnittstellen, nämlich den Merkmalen LP-IN und LP-OUT.



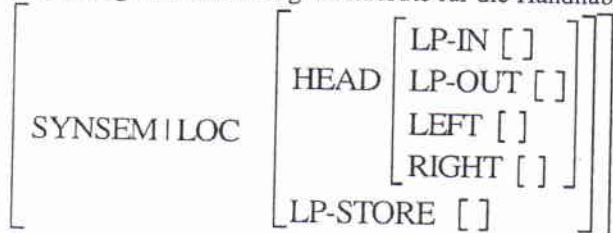
Der LP-STORE der Projektion wird mit dem LP-IN des Arguments unifiziert, und des Arguments LP-OUT ist des Mutterknotens LP-STORE.

Bild 8: Innerhalb der Merkmalsstruktur des Arguments, hier als Beispiel *ihn*, gibt es koreferente Variablen

Für die HPSG-Integration sind weitere Details, wie etwa das Verwenden von Mengen statt Listen für die SUBCAT-Werte,

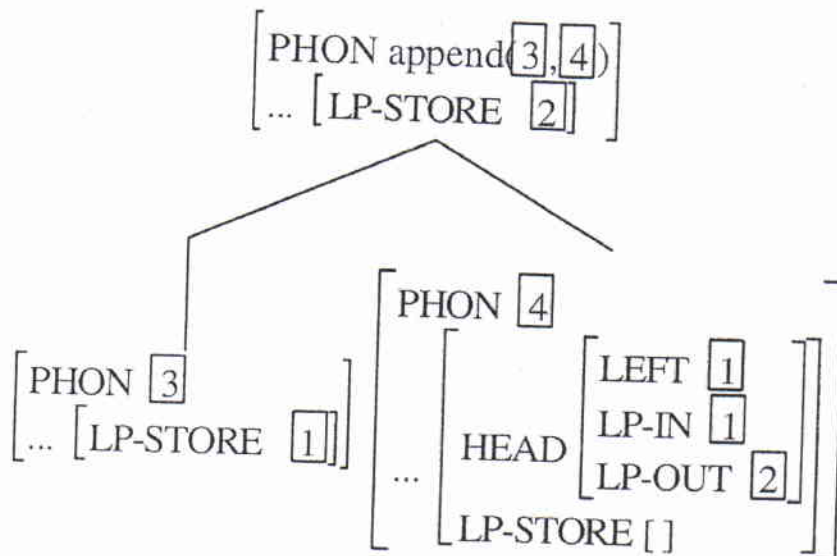
von Bedeutung, um sicher zu gehen, daß die Wortreihenfolge der Komplemente nur durch die LPs bestimmt wird.

Bild 9 zeigt alle notwendigen Attribute für die Handhabung von LPs



Der Pfad SYNSEM | LOC | HEAD | { LP-IN, LP-OUT, RIGHT, LEFT } enthält die nötigen Informationen, wenn die Konstituenten Argumente/Adjunkte werden. Es sind HEAD-Merkmale; sie werden im lexikalischen Kopf

der Konstituente spezifiziert und durch das Kopfmerkmalprinzip zur höchsten Projektion perkuliert.



Das nächste Bild zeigt das linksköpfige LP-Prinzip. Die rechtsköpfige Variante würde das Vertauschen von Links mit Rechts bedeuten, am einfachsten: PHON append (4,3).

Bild 10: linksköpfiges LP-Prinzip

Erweiterung der lexikalischen Einträge

1. Ein Eintrag, der als Kopf einer Phrase dienen kann, bekommt das Merkmal LP-STORE.
2. Wenn es zudem noch Argument sein kann, bekommt es zusätzlich die Merkmale LP-IN, LP-OUT, LEFT, RIGHT.
3. Alle übrigen Einträge perkolieren die LPs unverändert über die in ihre lexikalischen Einträge hinzuzufügenden Schnittstellen LP-IN und LP-OUT.

Die Werte der Merkmale LEFT und RIGHT lassen sich automatisch aus den LPs der Sprache und den LP-relevanten Informationen des jeweiligen Eintrags erzeugen.

5. Zusammenfassung

HPSG zeigt, wieviel sich über das Lexikon erreichen lässt.

Viele Freunde unter Computerlinguisten gewonnen habend, gibt es eine Menge an experimentellen und elaborierten Rechnerumsetzungen, wie z.B. das unter dem VERBMOBIL gelaufene Babel-Projekt Stefan Müllers.

Es gibt Versuche Zeichensprache durch HPSG zu beschreiben.

Letztlich sollten sich die meisten Probleme der sprachlichen Informationsverarbeitung lösen lassen, wenn nur die Merkmalstrukturen der lexikalischen Einträge komplex genug sind und um weitere Merkmale wie z.B. Prosodie¹⁴ und um hilfreiche Ergänzungen wie gewichtete Merkmalstrukturen (vorgeschlagen von Uszokereit 1991) ergänzt werden.

¹⁴ Und z.B. die Ideen der Kognitiven Grammatik Langackers und räumliche Konstruktionen

6. Literatur

- Engelkamp, Judith & Erbach, Gregor & und Uszkoreit, Hans 1992. Handling Linear Precedence Constraints By Unification. Proceedings of the 30th Annual Meeting of the Association for Computational Linguistics. Delaware.
- Estermann, Hans 2000. Stefan Müllers HPSG-Grammatik für das Deutsche: Grundbegriffe, Dominanzstrukturen, Konstituentenreihenfolge.
- Gazdar, Gerald & Klein, Ewan & Pullum, G. K. & Sag, Ivan 1985. Generalized Phrase Structure Grammar. Basil Blackwell, Oxford, UK.
- Gazdar, Gerald & Pullum, K. 1982. Generalized Phrase Structure Grammar. A Theoretical Synopsis. Indiana Linguistics Club, Bloomington, Indiana.
- Langacker, Ronald W. 1991. Cognitive Grammar. In: Droste, Flip G. & John E. Joseph.
- Lohmann, Dorothee 2001. Unifikationsbasierte Grammatikformalismen.
- Müller, Stefan 1999. Deutsche Syntax deklarativ. Head-Driven Phrase Structure Grammar für das Deutsche. Linguistische Arbeiten, Bd. 394 . Tübingen.
- Pollard, Carl & Sag, Ivan A. 1994. Head-Driven Phrase Structure Grammar.
- Uszkoreit, Hans 1986. Linear Precedence in Discontinuous Constituents: Complex Fronting in German. CSLI Report CSLI-86-47. Stanford, CA.
- Uszkoreit, Hans 1991. Strategies for Adding Control Information to Declarative Grammars. Proceedings of ACL '91, Berkeley.