

Einführung in die Computerlinguistik

Phrasenstrukturgrammatik

Hinrich Schütze

Center for Information and Language Processing

2018-11-12

Die Grundfassung dieses Foliensatzes wurde von Dr. Benjamin Roth erstellt. Fehler und Mängel sind ausschließlich meine Verantwortung.

- 1 Intro
- 2 Konstituenten
- 3 Konstituententypen
- 4 Phrasenstrukturgrammatik

- 1 Intro
- 2 Konstituenten
- 3 Konstituententypen
- 4 Phrasenstrukturgrammatik

Wie können wir bzw. der Computer beurteilen:

- Was ein grammatikalisch korrekter Satz ist?
- Was ein Satzglied ist?
- Wie Wörter zu Satzgliedern zusammengefügt werden können (so dass das Ergebnis grammatikalisch korrekt ist)?
- Wie Satzteile kombiniert und angeordnet werden können?
- Dies ist die Sichtweise der Phrasenstrukturgrammatik.
- Vergleiche: Sichtweise der Dependenzgrammatik

Was ist ein Satz?

- Verschiedene Definitionsversuche:
 - ① Eine grammatische Kette von Wörtern
 - ② Der Ausdruck einer Proposition
 - ③ Die Grundeinheit des Diskurses
 - ④ Definitionen anhand prosodischer Kriterien.
- Proposition: Aussage, die einen Wahrheitswert hat.
 - besteht aus einer Referenz (worüber wir etwas aussagen wollen)
 - und einer Prädikation (was wir aussagen)
 - Dies entspricht Subjekt und Prädikat (mit Objekt).
- Die natürliche Einheit der Prädikativität ist der Satz: “das Auto ist schmutzig”, “der Vogel fliegt weg”
- Daher ist der Satz auch die natürliche Einheit, um Tempus und Modus zu markieren: Relation zur Wirklichkeit
- Referenz und Prädikation können weiter modifiziert werden:
Der nette Hans hustet.
Hans hustet oft.

Satz: Schwierigkeiten der Definition

- Beispiele:
 - Der Junge liest.
 - Es wird dunkel.
 - In Brasilien wird gut Fussball gespielt.
 - Vorsicht!
- Grenzen der Prädikativität: Fragen, Befehle
- Trennen von Semantik: “Colorless green ideas sleep furiously.”
- Syntaktische Theorien sollten aus der Menge aller Wortketten diejenigen auswählen, die wohlgeformte Sätze sind.
 - Hans sieht uns.
 - *Hans uns liest sieht.
 - *Hans gesehen uns.
- Traditionelle Computerlinguistik: Algorithmen / Parser basierend auf solchen syntaktischen Theorien

- Der Satz ist zusammengesetzt aus Phrasen, die in syntaktischen Beziehungen zueinander stehen.
- Genauso sind größere Phrasen / Syntagmen zusammengesetzt aus kleineren Phrasen / Syntagmen, die in syntaktischen Beziehungen zueinander stehen.
- Wortfügungen / subordinierende Syntagmen:
kleines Kind, schnell laufen
- Wortreihungen / koordinierende Syntagmen:
Mutter oder Sohn, kommen und sehen
- Analog: Satzfügungen (subordinierend) & -reihungen (koordinierend)
- Dies ist die (nicht von allen geteilte) Grundannahme der Phrasenstrukturgrammatik.

- 1 Intro
- 2 Konstituenten**
- 3 Konstituententypen
- 4 Phrasenstrukturgrammatik

- Konstituenzgrammatik (auch Phrasenstrukturgrammatik): Satz ist nur mittelbar aus Wörtern gebaut.
- Elemente der Grammatik sind **Konstituenten**: Gruppen aus Wörtern (oder nur ein Wort)
- Die Beziehungen zwischen diesen Gruppen ist wichtig, es besteht eine abgestufte Zusammengehörigkeit.
- Phrasenstrukturgrammatik
 - rekursives System komplexer Strukturen
 - beruht ausschließlich auf der Form immer wiederkehrender Muster
- Die Konstituenten sind durch ihre Stellung im Ganzen definiert.

- **Schachtelstruktur:**
(((Die) (Katze)) ((schläft) (nicht)))
- **Terminale Konstituenten:** Konstituenten, die nicht weiter zerlegt werden können,
- **Unmittelbare Konstituenten** einer Konstituente **A**:
Konstituenten, aus denen **A** unmittelbar zusammengesetzt ist.
(The voters)₁ (sought the safety of the centre)₂

Konstituententests: Motivation

- Intuitiv klare Gruppen?
- Beispiel: “Der kleine Junge fährt mit dem neuen Fahrrad, das ihm der Opa geschenkt hat, zum Kindergarten.”
- Konstituenten: “[Der kleine Junge] fährt [mit [dem neuen Fahrrad], [das ihm [der Opa] geschenkt hat,]] [zum Kindergarten].”
- Nicht-Konstituenten: “Junge fährt”, “das ihm der”
- Wörter nicht nur aneinandergereiht, sondern gruppiert
- Hierarchische Strukturen
- Wir brauchen Tests, um die Gruppen / syntaktischen Einheiten zu ermitteln.
- Konstituententests: gegenseitig unterstützende Hilfsmittel zur Bestimmung der Konstituenten eines Satzes
- Können sich widersprechen: oft mehrere Analysemöglichkeiten.

Ersetzungstest

Wortfolgen, die sich füreinander ersetzen lassen, sodass das Ganze grammatikalisch bleibt, sind möglicherweise Konstituenten.

Beispiel

Die langen Abende...

Goethe und Kohl... ... versetzen mich in Melancholie

Alle...

- Außer der Ersetzung darf nichts geändert werden.
- Beispiel: “Ich koche gern.”
- “ich” lässt sich kaum ersetzen: “er kocht”, “Du kochst”, “wir kochen”

- Pronominalisierungstest: Was sich pronominalisieren lässt, ist eine Konstituente
- *Tine und Jakob wohnen hier. Sie haben ein Kind. Das Kind will einen Pudding essen. Das will ich auch.*
- Da sich bestimmte Ketten nicht pronominalisieren lassen ist dieser Test nicht immer anwendbar:

“Ich möchte nach Paris fahren.”

Der Teil “möchte nach Paris fahren” kann nicht pronominalisiert werden – ist aber syntaktische Einheit!

Wonach sich fragen lässt, ist eine Konstituente.

Womit rasierst du dich? Mit dem alten Piratenmesser.

- Was sich koordinieren lässt ist eine Konstituente.
- “John ran **up the hill** and **up the stairs**.”
- “John rang up **his mother** and **his sister**.”
(“up his mother” ist keine Konstituente)
- “Willst du lieber **Ball spielen** oder **Bier trinken**?”
- Die so bestimmten Konstituenten sind vom selben Typ.
- Ausnahmen ...

Verschiebetest / Permutationstest

Was verschoben werden kann, ist eine Konstituente.

Beispiel

Gestern hat Peter seinem Lehrer *den Aufsatz* gegeben.

Peter hat *gestern* seinem Lehrer *den Aufsatz* gegeben.

Den Aufsatz hat Peter seinem Lehrer *gestern* gegeben.

- Eine bloße Einfügung gilt nicht als Verschiebung.
- Peter baut zwei Häuser.
- Peter **entwirft und** baut zwei **oder drei** Häuser.
- “baut zwei” ist keine Konstituente.
- Es ist aber kein Problem, wenn andere Teile des Satzes auch verschoben werden, nicht nur die zu testende Konstituente.
- Beispiel: “**Gestern** hat Peter seinem Lehrer **den Aufsatz** gegeben.” vs. “**Den Aufsatz** hat Peter seinem Lehrer **gestern** gegeben.”

Weglasstest / Tilgung

Nur Konstituenten können weggelassen werden.

Beispiele

- Weglassen von syntaktisch optionalen Ergänzungen:
“Maria singt **in der Badewanne**.” → “Maria singt.”
- Weglassen in eliptischen Konstruktionen:
“Peter liebt **den Winter**, aber Karl hasst den Winter.” →
“Peter liebt, aber Karl hasst den Winter.”

- Nur direkt anwendbar auf den Satz, wie er vorliegt
- Also z.B. nicht anwendbar auf:
“Peter liebt **den Winter**.”
- Großzügigere Interpretation: man kann den Satz ändern.
- Beispiel:
“Peter liebt **den Winter**.”
→ “Peter liebt **den Winter**, aber Karl hasst den Winter.”
→ “Peter liebt, aber Karl hasst den Winter.”

- Die in Spaltsätzen und Pseudospaltsätzen abgespaltenen Elemente sind Konstituenten.
- “John used my toothbrush.” ⇒
“It was John who used my toothbrush.” “What annoys me is his dishonesty.”

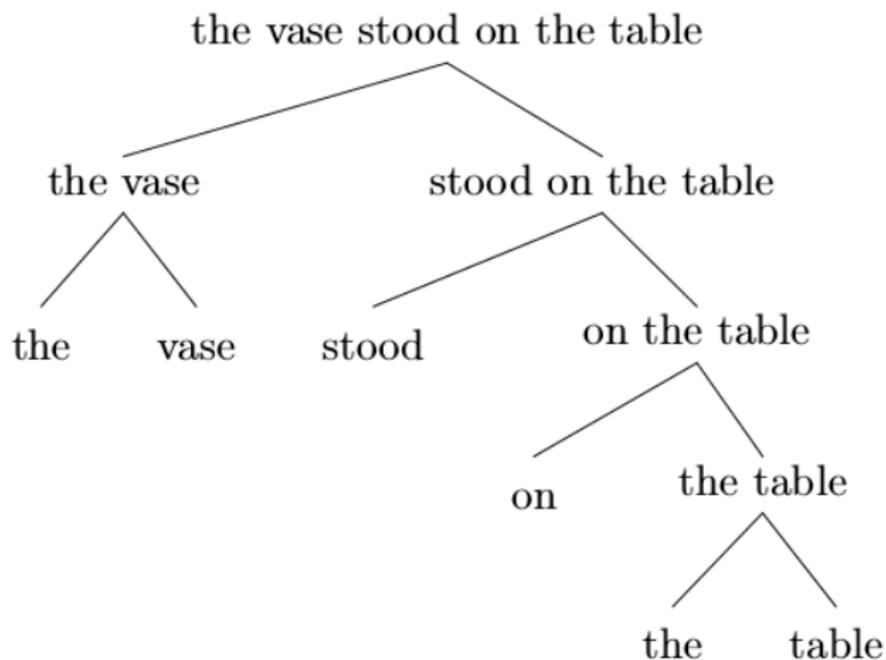
Was einer Aktiv-Passiv-Konversion unterliegt, ist eine Konstituente.

*John used **my toothbrush**.*

***My toothbrush** was used by John.*

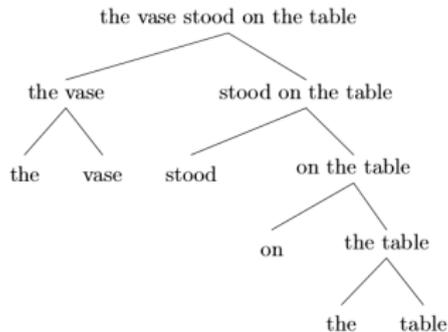
Konstituentenanalyse für: “The vase stood on the table”

Konstituente	Test
<i>The vase</i>	Pronominalisierung: <i>It stood on the table.</i>
<i>stood on the table</i>	Koordinationstest: <i>The vase stood on the table and looked splendid.</i>
<i>on the table</i>	Frage­test: <i>Where did the vase stand?</i>
<i>the table</i>	Pseudo-spaltsatz: <i>What the vase stood on was the table.</i>



Übung

Zeichnen Sie den Konstituentenbaum für “Spargel hat er im letzten Jahr nur grünen angebaut.”



Fazit?

- 1 Intro
- 2 Konstituenten
- 3 Konstituententypen**
- 4 Phrasenstrukturgrammatik

- In der Phrasenstrukturgrammatik gibt es das Konzept des **Kopfes**.
- Vergleiche: Dependenzgrammatik.
- (Fast) jede Konstituente enthält einen obligatorischen Kopf.
- Der Kopf bestimmt den Phrasentyp der Konstituente **nach außen**.
- Der Kopf strukturiert die Konstituente **intern** – er verlangt z.B. obligatorische Argumente oder Determinatoren.
- **A syntactic head determines the internal structure and external distribution of the constituent it projects.** (Emily Bender)

- In der Phrasenstrukturgrammatik gibt es das Konzept des **Kopfes**.
- Vergleiche: Dependenzgrammatik.
- (Fast) jede Konstituente enthält einen obligatorischen Kopf.
- Der Kopf bestimmt den Phrasentyp der Konstituente **nach außen**.
- Der Kopf strukturiert die Konstituente **intern** – er verlangt z.B. obligatorische Argumente oder Determinatoren.
- **A syntactic head determines the internal structure and external distribution of the constituent it projects.** (Emily Bender)

- In der Phrasenstrukturgrammatik gibt es das Konzept des **Kopfes**.
- Vergleiche: Dependenzgrammatik.
- (Fast) jede Konstituente enthält einen obligatorischen Kopf.
- Der Kopf bestimmt den Phrasentyp der Konstituente **nach außen**.
- Der Kopf strukturiert die Konstituente **intern** – er verlangt z.B. obligatorische Argumente oder Determinatoren.
- **A syntactic head determines the internal structure and external distribution of the constituent it projects.** (Emily Bender)

- In der Phrasenstrukturgrammatik gibt es das Konzept des **Kopfes**.
- Vergleiche: Dependenzgrammatik.
- (Fast) jede Konstituente enthält einen obligatorischen Kopf.
- Der Kopf bestimmt den Phrasentyp der Konstituente **nach außen**.
- Der Kopf strukturiert die Konstituente **intern** – er verlangt z.B. obligatorische Argumente oder Determinatoren.
- **A syntactic head determines the internal structure and external distribution of the constituent it projects.** (Emily Bender)

- In der Phrasenstrukturgrammatik gibt es das Konzept des **Kopfes**.
- Vergleiche: Dependenzgrammatik.
- (Fast) jede Konstituente enthält einen obligatorischen Kopf.
- Der Kopf bestimmt den Phrasentyp der Konstituente **nach außen**.
- Der Kopf strukturiert die Konstituente **intern** – er verlangt z.B. obligatorische Argumente oder Determinatoren.
- **A syntactic head determines the internal structure and external distribution of the constituent it projects.** (Emily Bender)

- In der Phrasenstrukturgrammatik gibt es das Konzept des **Kopfes**.
- Vergleiche: Dependenzgrammatik.
- (Fast) jede Konstituente enthält einen obligatorischen Kopf.
- Der Kopf bestimmt den Phrasentyp der Konstituente **nach außen**.
- Der Kopf strukturiert die Konstituente **intern** – er verlangt z.B. obligatorische Argumente oder Determinatoren.
- **A syntactic head determines the internal structure and external distribution of the constituent it projects.** (Emily Bender)

- In der Phrasenstrukturgrammatik gibt es das Konzept des **Kopfes**.
- Vergleiche: Dependenzgrammatik.
- (Fast) jede Konstituente enthält einen obligatorischen Kopf.
- Der Kopf bestimmt den Phrasentyp der Konstituente **nach außen**.
- Der Kopf strukturiert die Konstituente **intern** – er verlangt z.B. obligatorische Argumente oder Determinatoren.
- **A syntactic head determines the internal structure and external distribution of the constituent it projects.** (Emily Bender)

- In der Phrasenstrukturgrammatik gibt es das Konzept des **Kopfes**.
- Vergleiche: Dependenzgrammatik.
- (Fast) jede Konstituente enthält einen obligatorischen Kopf.
- Der Kopf bestimmt den Phrasentyp der Konstituente **nach außen**.
- Der Kopf strukturiert die Konstituente **intern** – er verlangt z.B. obligatorische Argumente oder Determinatoren.
- **A syntactic head determines the internal structure and external distribution of the constituent it projects.** (Emily Bender)

(i) Nominalphrasen (NP)

- das Kind
- die sehr frechen Kinder
- Kinder, die in München leben

(ii) Adjektivphrasen (AP)

- Der Wagen ist neu.
- Die Rostlaube ist ziemlich alt.
- Leo ist seiner Frau treu.
- Heinz ist auf seine Tochter stolz.

- In der Phrasenstrukturgrammatik gibt es das Konzept des **Kopfes**.
- Vergleiche: Dependenzgrammatik.
- (Fast) jede Konstituente enthält einen obligatorischen Kopf.
- Der Kopf bestimmt den Phrasentyp der Konstituente **nach außen**.
- Der Kopf strukturiert die Konstituente **intern** – er verlangt z.B. obligatorische Argumente oder Determinatoren.
- **A syntactic head determines the internal structure and external distribution of the constituent it projects.** (Emily Bender)

(iii) Verbalphrasen (VP)

- Eva **hustet**.
- Eva **besucht die Nachbarn**.
- Eva **schenkt ihrem Mann ein Buch**.
- Eva **glaubt, dass Peter krank ist**.

(iv) Adverbialphrasen (AdvP)

- **heute früh**
- **gestern Morgen**
- **sehr oft**

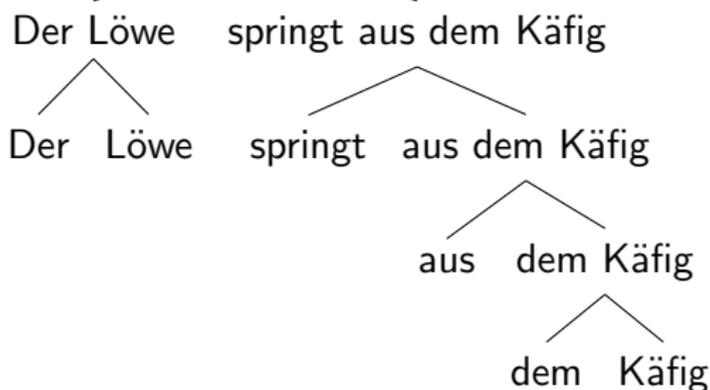
(v) Präpositionalphrasen (PP)

- Wir fahren **mit dem Fahrrad**.
- Sie stehen **vor der Tür**.
- Wir spazieren **die Straße entlang**. (hier mit Akk wg. Postposition)
- Sie kommen **von dort**.
- Wir brachten sie **bis vor die Tür**.

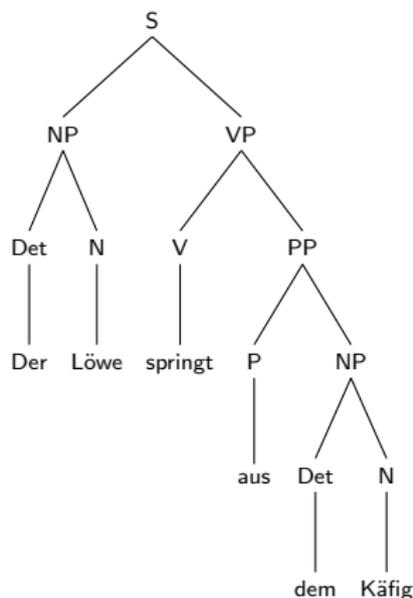
- Im Konstituentenbaum können die Wortketten nicht nur gruppiert werden, sondern hierarchisch durch die Symbole der syntaktische Kategorien ersetzt werden.
- Außerdem wird eine zusätzliche Ebene eingefügt, und die Wörter durch ihre Wortartkategorie ersetzt.
- Ein Satz (S) kann dann in die unmittelbaren Konstituenten (NP + VP) zerlegt werden und weiter bis zur Ebene der Wortkategorien.

Konstituentenbaum (einfach)

Der Löwe springt aus dem Käfig

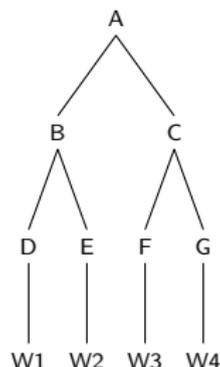


Konstituentenbaum (mit Kategorien)



alternative Darstellung:

[S [NP [Det Der] [N Löwe]] [VP [V springt] [PP [P aus] [NP [Det dem] [N Käfig]]]]]

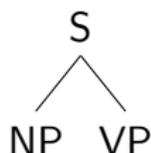


- Variablen A–G: Kategoriale Symbole
- speziell A–C: phrasale Kategorien
- speziell D–G: präterminale Kette; Wortarten
Einzelne Wortformen sind nicht unmittelbare Konstituenten einer Phrase → präterminale Kette nötig
- W1–W4: terminale Kette; konkrete Wortformen
- (Unmittelbare) **Dominanz**: Ein Knoten dominiert (unmittelbar) die (nächst-)tieferen Knoten.

- 1 Intro
- 2 Konstituenten
- 3 Konstituententypen
- 4 Phrasenstrukturgrammatik**

- Satz \rightarrow Nominalphrase + Prädikat
Nominalphrase \rightarrow Artikel + Nomen
- Viele syntaktische Theorien sind regelbasiert.
- setzt voraus: Klassifizierung der beteiligten syntaktischen Einheiten (da Regeln Variablen enthalten, die auf Klassen Bezug nehmen)
- Syntaxtheorien nehmen an, dass Sprachen eine große, aber endliche Zahl von grammatischen Regeln haben.
- Diese begrenzte Anzahl ermöglicht die Bildung von potentiell unbegrenzt vielen Sätzen.
- Beispiel: theoretisch unbegrenzte Möglichkeit der Hinzufügung von Elementen wie Relativsätzen
- Hierarchische Organisation der Konstruktionen in vielen syntaktischen Theorien

- Auch: Context-Free Grammar (CFG).
- Beschreibt die Regeln der Konstituentenstruktursyntax.
- Zentrales Element der generativen Grammatik (N. Chomsky).
- In generativer Grammatik werden Beziehungen der unmittelbaren Dominanz als Ersetzungsregeln zur Erzeugung von Sätzen (Konstituentenstrukturen) aufgestellt , z.B.:



- Regel (rewriting rule, Phrasenstrukturregel) hierzu:
- $S \rightarrow NP VP$
- zu lesen als: “expandiere S zu ... / ersetze S durch ... / S dominiert unmittelbar ... / schreibe S um zu ...”
- S: Startsymbol (“Satz”)

Allgemeines Schema einer PS-Regel:

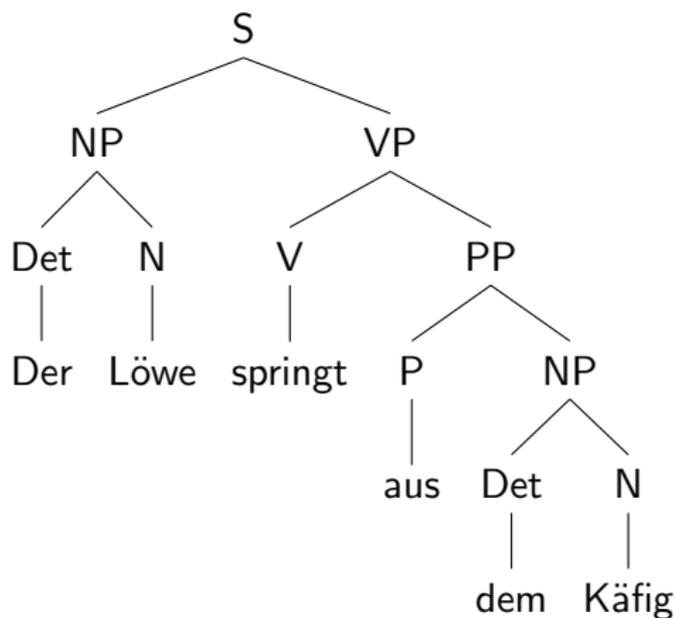
$X \rightarrow (W) Y (Z)$

(W–Z: Kategorialsymbole)

- X: Eingabesymbol (genau ein solches steht links des Pfeils)
- W, Y, Z: Ausgabesymbole
- Y: obligatorisches Element
- W, Z: fakultative Elemente

PS-Regeln sind kontextfrei, d.h. genau ein Nichtterminalsymbol (links) wird expandiert zu beliebiger Folge von Nichtterminal- und Terminalsymbolen

Beispiel für Phrasenstrukturregeln (1)



$S \rightarrow NP VP;$ $NP \rightarrow Det N$
 $VP \rightarrow V PP;$ $PP \rightarrow P NP$

Beispiel für Phrasenstrukturregeln (2)

$S \rightarrow NP VP;$ $NP \rightarrow Det N$

$VP \rightarrow V PP;$ $PP \rightarrow P NP$

Mit diesen Regeln kann obige Baumstruktur bis zur Ebene der Wortkategorien (präterminale Kette) generiert werden.

Außerdem möglich:

- Die Katze sitzt auf der Bank
- Der Bauer arbeitet auf dem Feld
etc.

Zur Generierung der terminalen Kette “Der Löwe springt aus dem Käfig” sind noch weitere Regeln nötig:

Det → der

N → Löwe

V → springt

P → aus

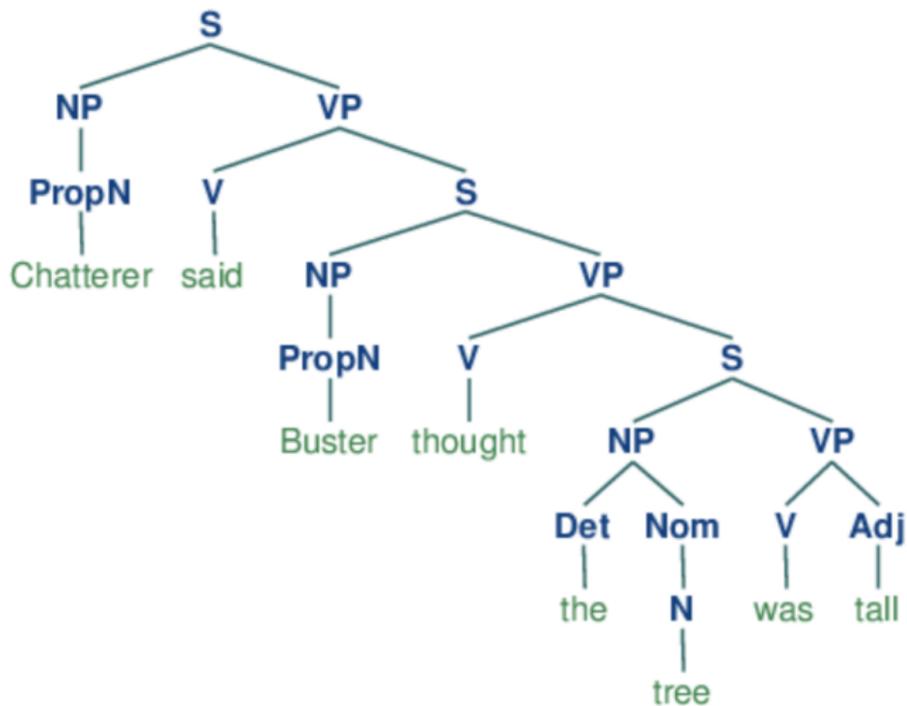
Det → dem

N → Käfig

- zu lesen als: *Käfig* ist ein Exemplar der Menge der Nomen
- diese Regeln entsprechen einem Lexikon
- die Wörter können in die durch PS-Regeln erzeugten Strukturbäume eingesetzt werden (lexikalische Einsetzung)

Übung

Welche Regeln (einschließlich Lexikonregeln) wurden hier benutzt?



Rekursion ist möglich, d.h. phrasale Gruppen können Konstituenten derselben phrasalen Kategorie enthalten:

(i) Ausgabe einer Regel dient als Eingabe der gleichen Regel:

z.B. $NP \rightarrow Det\ N\ NP$

→ komplexe NP:

z.B. *Die Farbe der Augen der Tochter des Pianisten ...*

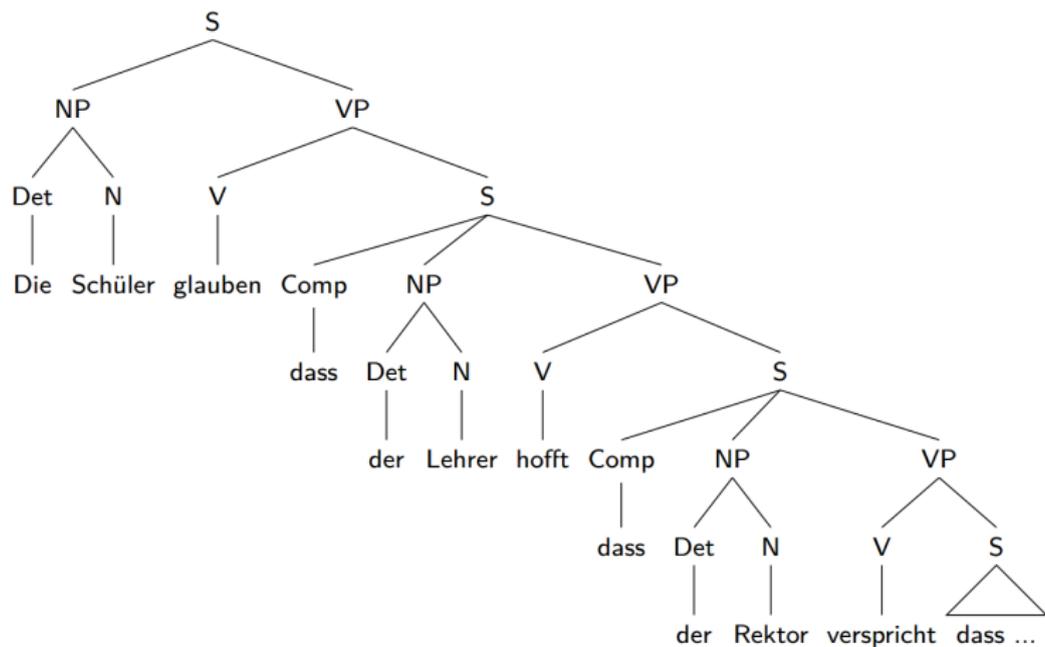
(ii) Ausgabe einer Regel dient als Eingabe einer “früheren” Regel:

$S \rightarrow (Comp)\ NP\ VP$

$VP \rightarrow V\ S$

z.B. *Die Schüler glauben, dass der Lehrer hofft, dass der Rektor verspricht, ...*

Rekursion



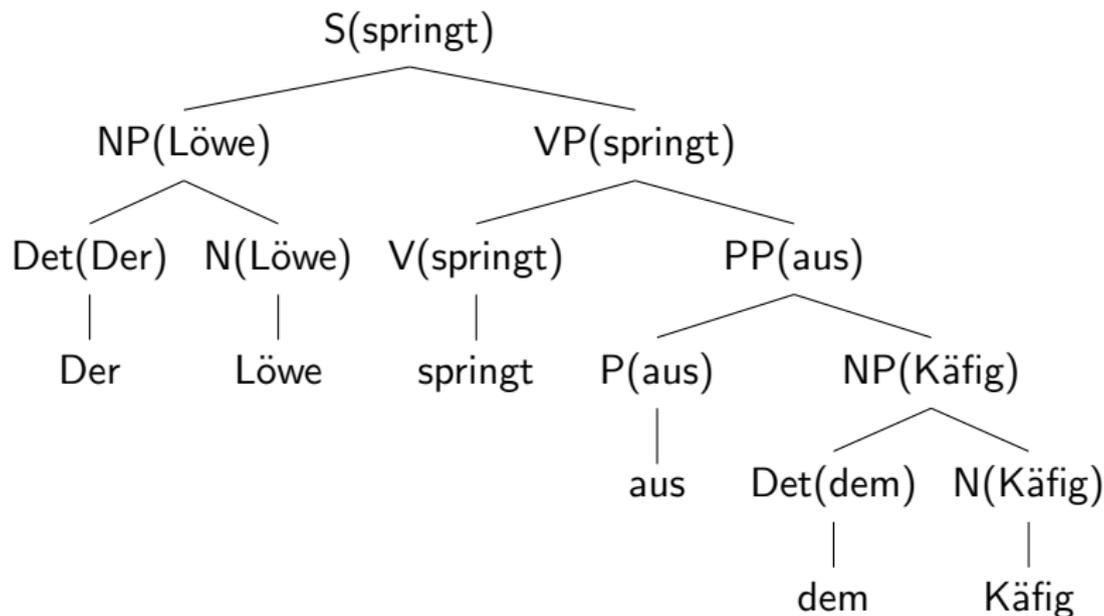
$S \rightarrow (\text{Comp}) \text{NP VP}$

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

...

- In der Phrasenstrukturgrammatik gibt es das Konzept des **Kopfes**.
- Vergleiche: Dependenzgrammatik.
- (Fast) jede Konstituente enthält einen obligatorischen Kopf.
- Der Kopf bestimmt den Phrasentyp der Konstituente **nach außen**.
- Der Kopf strukturiert die Konstituente **intern** – er verlangt z.B. obligatorische Argumente oder Determinatoren.
- **A syntactic head determines the internal structure and external distribution of the constituent it projects.** (Emily Bender)

Beispiel für Phrasenstrukturregeln mit Kopf-Annotation



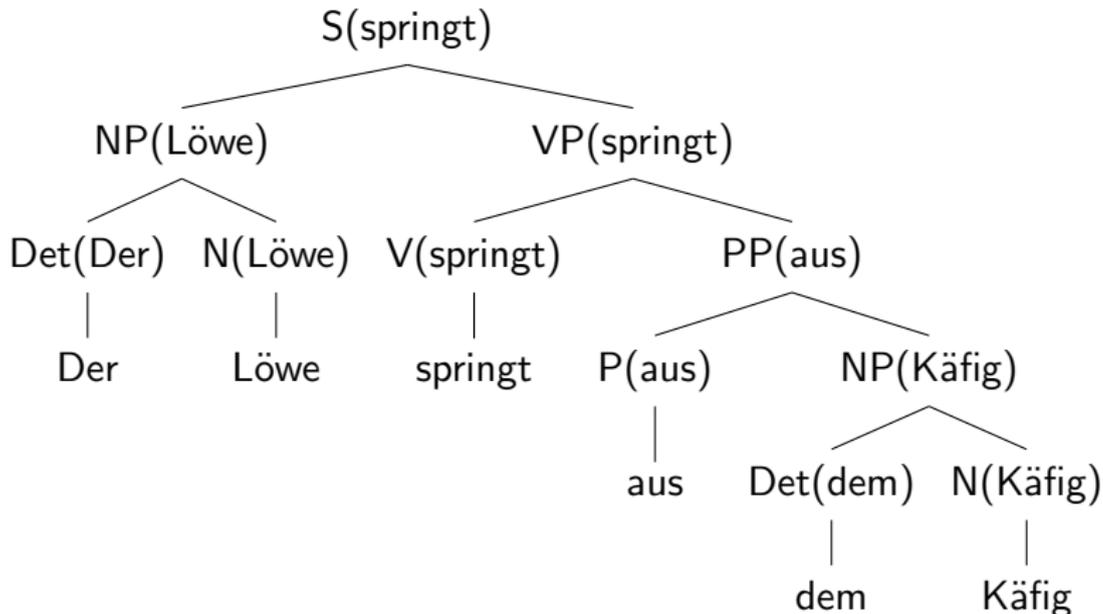
- **Perkolation** (“Durchfließen”) : Ein Kopf wird je nach Phrasentyp von einer Ebene zur nächsten weitergereicht.
- Welcher Kopf perkoliert (weitergereicht wird), wird in einer Extra-Tabelle angegeben, z.B.:
S \rightarrow NP VP; head(S) = head(VP)
NP \rightarrow Det N; head(NP) = head(N)
VP \rightarrow V PP; head(VP) = head(V)
PP \rightarrow P NP; head(PP) = head(P)
- Für terminale Regeln ist der Kopf immer das terminale Symbol.
- Wichtiger Begriff: **perkolierter Kopf**

Konstituentenbäume mit Kopf-Annotation können mit dem folgenden Schema in einfache Dependenzbäume überführt werden:

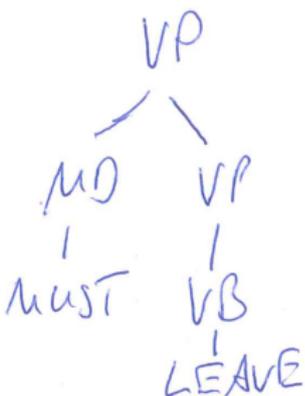
- 1 Identifizieren Sie für jede Konstituente die erzeugende Regel (bzw die Kopf-Annotationen).
- 2 Dependenzrelationen bestehen zwischen dem Kopf der Konstituente, und den nicht-perkolierten Köpfen der eingebetteten Konstituenten (auf der rechten Seite der Regel).
- 3 Der Kopf der Konstituente ist auch Kopf der Dependenzrelation, der nicht-perkolierte Kopf ist Dependent.
- 4 Die Wortart des Dependents ist der Kantenname der Dependenzrelation.

Übung

Konvertieren Sie diesen Baum:

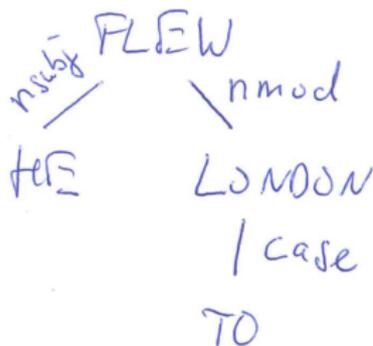
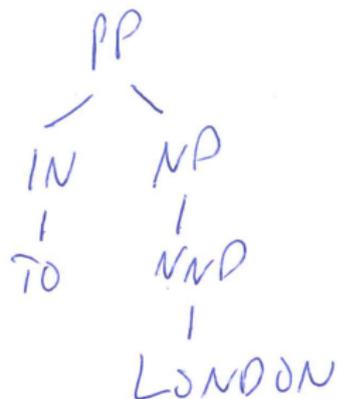


Auxiliare: "you must leave"



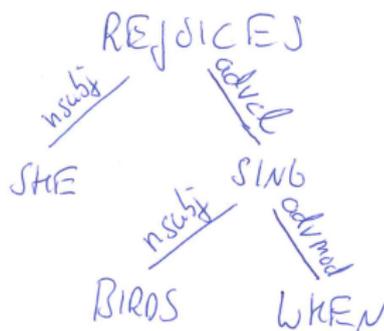
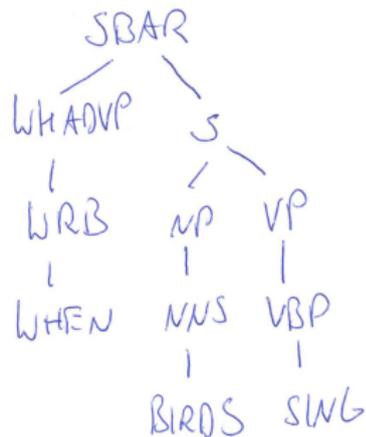
Konstituenzanalyse
(links): "must"
ist der Kopf
der VP
"must leave".
Stanford-UD-
Dependenzanalyse
(rechts):
"leave" ist der
Kopf von "you
must leave".

Präpositionalphrase: "(flew) to London"



Konstituenzanalyse
(links): "to"
ist der Kopf
der PP "to
London".
Stanford-UD-
Dependenzanalyse
(rechts): "Lon-
don" ist der
Kopf von "to
London".

Nebensatz: “(she rejoices) when birds sing”



Konstituenzanalyse

(links): “when”

ist der Kopf des

Satzes “when

birds sing”.

Stanford-UD-

Dependenzanalyse

(rechts):

“sing” ist

der Kopf von

“when birds

sing”.

Mehr Information nötig, weil:

(a) **Der Löwe schläft aus dem Käfig.*

(b) **Der Löwe springen aus den Käfig.*

- Lexikoneintrag muss mehr Informationen enthalten um mögliche von nicht möglichen Kombinationen abzugrenzen.
 - In (a): Syntaktischer Rahmen des Verbs (Subkategorisierung).
 - a. schlafen V, [--]
 - b. helfen V, [-- NP]
 - c. schenken V, [-- NP, NP]
 - In (b): Kongruenz morpho-syntaktischer Merkmale (Numerus, Kasus)

- Komplexere Kategorien einführen.
- Lexikoneinträge durch **Merkmale** ergänzen, und Phrasenstruktur-Mechanismus so erweitern, dass zusätzlich zu den Ersetzungsregeln Merkmalskongruenz gegeben sein muss.
- Übergenerierung zulassen, aber durch Wahrscheinlichkeitsmodell un plausible Möglichkeiten niedrig gewichten.

Zum Schluss: Besonders klausurrelevant

- Konstituente Gruppierung von Wörtern, mit denen die Struktur eines Satzes beschrieben werden kann
- Konstituente: Wort oder Phrase
 - (Der Satz ist auch eine Phrase.)
- Phrase = Kopf plus (optional) dominierte Wörter
- Syntaktische Kategorie des Kopfes entspricht syntaktischer Kategorie der Phrase.
- Konstituententest: Hilfsmittel zur linguistischen Analyse von Konstituentenstrukturen
- Konstituentenstruktur ist rekursiv.
- Kategoriensymbole ersetzen die Knoten im Baum → Konstituentenstruktur
- kontextfreie Grammatik: Beschreibungsformalismus zur Generierung und Erkennung wohlgeformter Sätze
- kontextfreie Regeln
- terminale vs. präterminale Kette