Syntax natürlicher Sprachen

Tutorium

Dependenzgrammatik & Dependency Parsing

Sarah Anna Uffelmann

24.11.2023

Konstituenz vs. Dependenz

Zwei verschiedene Ansätze zur syntaktischen Analyse

Konstituenz:

- Aus welchen syntaktischen Einheiten (Konstituenten) besteht ein Satz?
- Untersucht Strukturregeln zur Erklärung des Aufbaus eines Satzes

Dependenz:

- In welcher syntaktischen Beziehung stehen Wörter in einem Satz?
- Untersucht Abhängigkeitsverhältnisse zwischen Wörtern eines Satzes

Dependenzrelation

zweistellige Relation zwischen zwei Wörtern X und Y:

- Y hängt von X ab –> Y ist Dependent von X
- X kontrolliert / regiert Y –> X ist Kopf von Y

z.B. “Die“ und „Blume“ in “Die Blume blüht.“

„Blume“ ist Kopf von „Die“

„Die“ ist Dependent von „Blume“

Dependenzstruktur

- Der Wurzelknoten (Root) eines Satzes ist das Verb.
- Kein Wort hängt von sich selbst ab.
- In einer Phrase hängen alle Wörter vom Phrasenkopf ab
- Ein Dependent hat nur einen Kopf, aber ein Kopf kann mehrere Dependenten haben.

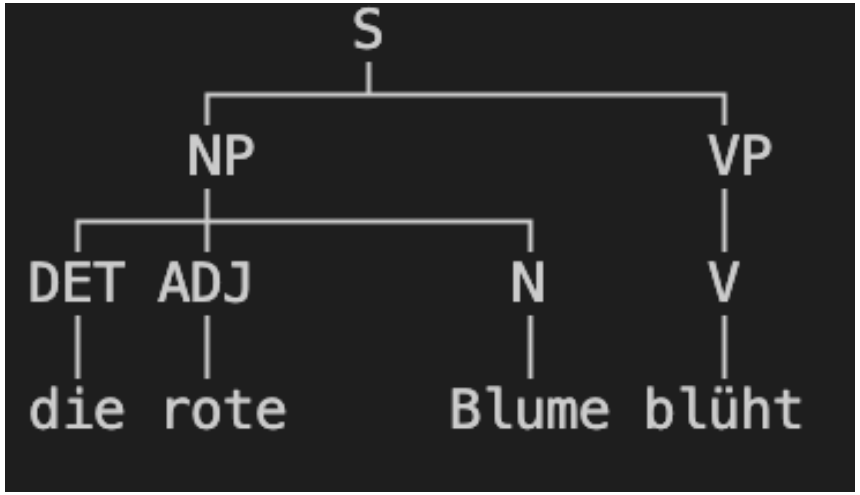
z.B. “Die rote Blume blüht.“

„Blume“ hat zwei Dependenten : „ Die“ und „rote“

„Die“ und „rote“ haben je einen nur Kopf: „Blume“ (= Phrasenkopf der NP)

Konstituenz vs. Dependenz

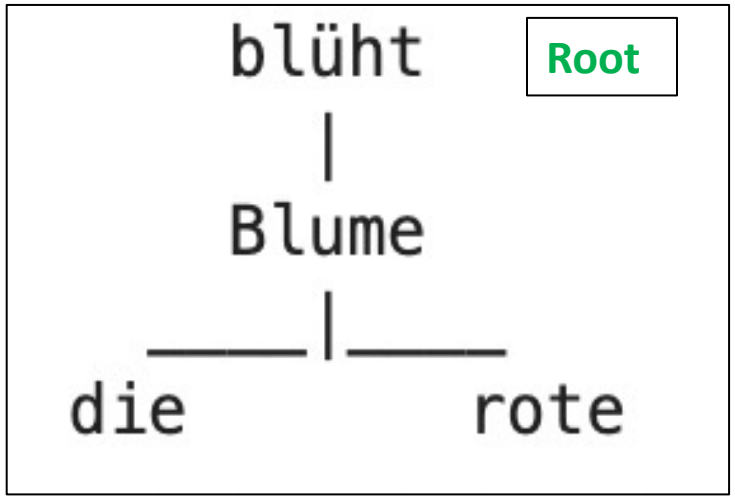
Konstituenz



S –> NP VP
NP –> Det ADJ N
VP –> V

Det –> " die"
N –> "Blume"
ADJ –> "rote"
V –> "blüht"

Dependenz



Darstellung mit NLTK

Kopf –> Dependent

"blüht" –> „Blume"
"Blume " –> "die" | "rote"

Rektion vs. Modifikation

Rektion

-> Kopf kann nicht ohne Dependent auftreten
(und ein Dependent kann nie ohne Kopf auftreten)
-> Bilaterale Dependenz: Kopf und Dependent sind voneinander abhängig

„Sie betrachtet das Bild."
* „Sie betrachtet." Nicht wohlgeformt
* „Sie das Bild." Nicht wohlgeformt

-> Dependent ist Komplement des Kopfes

(„das Bild" ist Komplement von "betrachtet": „betrachtet" ist Kopf von „Bild")

Rektion vs. Modifikation

Modifikation

-> Kopf kann ohne Dependent auftreten
-> Unilaterale Dependenz

„Sie betrachtet das Bild am Nachmittag."
„Sie betrachtet das Bild." Wohlgeformt

-> Dependent ist Adjunkt bzw. Attribut des Kopfes

(„am Nachmittag" ist Adjunkt von "betrachtet": „betrachtet" ist Kopf von „Nachmittag".)

Arten von Dependenten

obligatorischer Dependent
= Komplement
„Er füttert die Hühner im Stall."

fakultativer Dependent
Komplement, aber kann je nach Kontext auch weggelassen werden:
„Er sieht die Hühner."
„Er sieht."

optionaler Dependent
= Adjunkt
„Er füttert die Hühner im Stall."

Primacy of Content Words

„Er füttert die Hühner im Stall.“

Konstituenz:

- P ist Kopf einer PP
- „im Stall“ ist eine PP mit „im“ als Phrasenkopf

Dependenz:

- klassisch: „im“ ist Kopf von „Stall“
- Primacy of Content Words: „Stall“ ist Kopf von „im“ (im UD-Schema)

-> Nur Inhaltswörter sind Köpfe

Shift-Reduce Dependeny Parsing

- Ein Satz wird Wort für Wort geparst von einem Buffer (= Wortliste)
- Wörter können vom Buffer auf einen Stack (= Stapel) gelegt werden
- Operationen:
  - SHIFT: Wort vom Buffer auf den Stack legen
  - REDUCE: Relation zwischen den beiden obersten Elementen auf dem Stack hinzufügen und den Dependenten vom Stack löschen
- Es gibt zwei REDUCE-Operationen:
  - LEFTARC: Kopf ist rechts vom Dependenten, Bogen von rechts nach links

  - RIGHTARC: Kopf ist links vom Dependenten, Bogen von links nach rechts

Shift-Reduce Dependeny Parsing

Beginn:

- Alle Wörter sind im Buffer
- Stack ist mit ROOT initialisiert
- Es sind noch keine Bögen (Dependenzrelationen) vorhanden
- Erste Operation: SHIFT

REDUCE-LEFTARC: ist immer möglich

REDUCE-RIGHTARC: nur dann möglich, wenn der Dependent der Relation selbst nicht Kopf einer der noch offenen Relation ist.

Diese Einschränkung verhindert, dass ein Wort zu früh vom Stack genommen wird.

Shift-Reduce Dependeny Parsing

Satz: „Das Mädchen sieht das Huhn.“

Buffer: [Das, Mädchen, sieht, das, Huhn]

Stack: [ROOT]

Buffer	Stack	Operation
[Das, Mädchen, sieht, das, Huhn]	[ROOT]	SHIFT

Das Mädchen sieht das Huhn.

Shift-Reduce Dependeny Parsing

Buffer	Stack	Operation
[Das, Mädchen, sieht, das, Huhn]	[ROOT]	SHIFT
[Mädchen, sieht, das, Huhn]	[ROOT, Das]	SHIFT

Das Mädchen sieht das Huhn.

Shift-Reduce Dependeny Parsing

Buffer	Stack	Operation
[Das, Mädchen, sieht, das, Huhn]	[ROOT]	SHIFT
[Mädchen, sieht, das, Huhn]	[ROOT, Das]	SHIFT
[sieht, das, Huhn]	[ROOT, Das, Mädchen]	LEFTARC

Das Mädchen sieht das Huhn.

Shift-Reduce Dependeny Parsing

Buffer	Stack	Operation
[Das, Mädchen, sieht, das, Huhn]	[ROOT]	SHIFT
[Mädchen, sieht, das, Huhn]	[ROOT, Das]	SHIFT
[sieht, das, Huhn]	[ROOT, Das, Mädchen]	LEFTARC
[sieht, das, Huhn]	[ROOT, Mädchen]	SHIFT

Das Mädchen sieht das Huhn.

Shift-Reduce Dependeny Parsing

Buffer	Stack	Operation
[Das, Mädchen, sieht, das, Huhn]	[ROOT]	SHIFT
[Mädchen, sieht, das, Huhn]	[ROOT, Das]	SHIFT
[sieht, das, Huhn]	[ROOT, Das, Mädchen]	LEFTARC
[sieht, das, Huhn]	[ROOT, Mädchen]	SHIFT
[das, Huhn]	[ROOT, Mädchen, sieht]	LEFTARC

Das Mädchen sieht das Huhn.

Shift-Reduce Dependeny Parsing

Buffer	Stack	Operation
[Das, Mädchen, sieht, das, Huhn]	[ROOT]	SHIFT
[Mädchen, sieht, das, Huhn]	[ROOT, Das]	SHIFT
[sieht, das, Huhn]	[ROOT, Das, Mädchen]	LEFTARC
[sieht, das, Huhn]	[ROOT, Mädchen]	SHIFT
[das, Huhn]	[ROOT, Mädchen, sieht]	LEFTARC
[das, Huhn]	[ROOT, sieht]	SHIFT

Das Mädchen sieht das Huhn.

Shift-Reduce Dependeny Parsing

Buffer	Stack	Operation
[Das, Mädchen, sieht, das, Huhn]	[ROOT]	SHIFT
[Mädchen, sieht, das, Huhn]	[ROOT, Das]	SHIFT
[sieht, das, Huhn]	[ROOT, Das, Mädchen]	LEFTARC
[sieht, das, Huhn]	[ROOT, Mädchen]	SHIFT
[das, Huhn]	[ROOT, Mädchen, sieht]	LEFTARC
[das, Huhn]	[ROOT, sieht]	SHIFT
[Huhn]	[ROOT, sieht, das]	SHIFT

Das Mädchen sieht das Huhn.

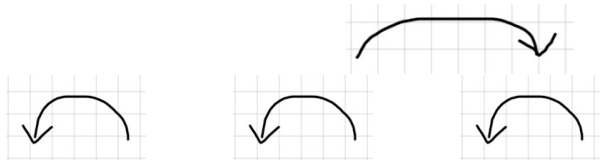
Shift-Reduce Dependeny Parsing

Buffer	Stack	Operation
[Das, Mädchen, sieht, das, Huhn]	[ROOT]	SHIFT
[Mädchen, sieht, das, Huhn]	[ROOT, Das]	SHIFT
[sieht, das, Huhn]	[ROOT, Das, Mädchen]	LEFTARC
[sieht, das, Huhn]	[ROOT, Mädchen]	SHIFT
[das, Huhn]	[ROOT, Mädchen, sieht]	LEFTARC
[das, Huhn]	[ROOT, sieht]	SHIFT
[Huhn]	[ROOT, sieht, das]	SHIFT
[ ]	[ROOT, sieht, das, Huhn]	LEFTARC

Das Mädchen sieht das Huhn.

Shift-Reduce Dependeny Parsing

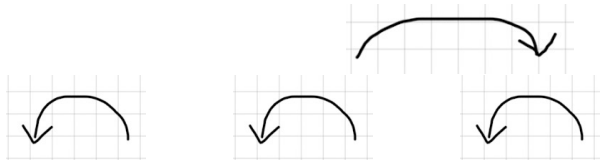
Buffer	Stack	Operation
[Das, Mädchen, sieht, das, Huhn]	[ROOT]	SHIFT
[Mädchen, sieht, das, Huhn]	[ROOT, Das]	SHIFT
[sieht, das, Huhn]	[ROOT, Das, Mädchen]	LEFTARC
[sieht, das, Huhn]	[ROOT, Mädchen]	SHIFT
[das, Huhn]	[ROOT, Mädchen, sieht]	LEFTARC
[das, Huhn]	[ROOT, sieht]	SHIFT
[Huhn]	[ROOT, sieht, das]	SHIFT
[ ]	[ROOT, sieht, das, Huhn]	LEFTARC
[ ]	[ROOT, sieht, Huhn]	RIGHTARC



Das Mädchen sieht das Huhn.

Shift-Reduce Dependeny Parsing

Buffer	Stack	Operation
[Das, Mädchen, sieht, das, Huhn]	[ROOT]	SHIFT
[Mädchen, sieht, das, Huhn]	[ROOT, Das]	SHIFT
[sieht, das, Huhn]	[ROOT, Das, Mädchen]	LEFTARC
[sieht, das, Huhn]	[ROOT, Mädchen]	SHIFT
[das, Huhn]	[ROOT, Mädchen, sieht]	LEFTARC
[das, Huhn]	[ROOT, sieht]	SHIFT
[Huhn]	[ROOT, sieht, das]	SHIFT
[ ]	[ROOT, sieht, das, Huhn]	LEFTARC
[ ]	[ROOT, sieht, Huhn]	RIGHTARC
[ ]	[ROOT, sieht]	RIGHTARC

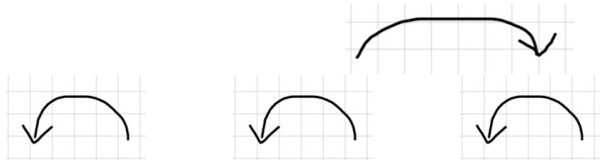


Das Mädchen sieht das Huhn.

ROOT

Shift-Reduce Dependeny Parsing

Buffer	Stack	Operation
[Das, Mädchen, sieht, das, Huhn]	[ROOT]	SHIFT
[Mädchen, sieht, das, Huhn]	[ROOT, Das]	SHIFT
[sieht, das, Huhn]	[ROOT, Das, Mädchen]	LEFTARC
[sieht, das, Huhn]	[ROOT, Mädchen]	SHIFT
[das, Huhn]	[ROOT, Mädchen, sieht]	LEFTARC
[das, Huhn]	[ROOT, sieht]	SHIFT
[Huhn]	[ROOT, sieht, das]	SHIFT
[ ]	[ROOT, sieht, das, Huhn]	LEFTARC
[ ]	[ROOT, sieht, Huhn]	RIGHTARC
[ ]	[ROOT, sieht]	RIGHTARC
[ ]	[ROOT]	DONE



Das Mädchen sieht das Huhn.

ROOT

Shift-Reduce Dependeny Parsing

Satz: „Kauf Tickets nach München.“

Buffer: [Kauf, Tickets, nach, München]

Stack: [ROOT]

Buffer	Stack	Operation
[Kauf, Tickets, nach, München]	[ROOT]	SHIFT

Kauf Tickets nach München.

Shift-Reduce Dependeny Parsing

Buffer	Stack	Operation
[Kauf, Tickets, nach, München]	[ROOT]	SHIFT
[Tickets, nach, München]	[ROOT, Kauf]	

Welche Operation ist jetzt die richtige?

Kauf Tickets nach München.

Shift-Reduce Dependeny Parsing

Buffer	Stack	Operation
[Kauf, Tickets, nach, München]	[ROOT]	SHIFT
[Tickets, nach, München]	[ROOT, Kauf]	

Möglichkeiten:

- Rightarc: „Kauf“ wird als Root markiert und vom Stack genommen.
- Shift: Wir legen das nächste Wort auf den Stack.

Kauf Tickets nach München.

Shift-Reduce Dependeny Parsing

Buffer	Stack	Operation
[Kauf, Tickets, nach, München]	[ROOT]	SHIFT
[Tickets, nach, München]	[ROOT, Kauf]	

Möglichkeiten:
- Rightarc: „Kauf“ wird als Root markiert und vom Stack genommen.
- Shift: Wir legen das nächste Wort auf den Stack.

Richtig ist **SHIFT**, da das Parsen des restlichen Satzes nicht mehr möglich wäre, wenn wir „Kaufe“ vom Stack nehmen.

Kauf Tickets nach München.

Shift-Reduce Dependeny Parsing

Buffer	Stack	Operation
[Kauf, Tickets, nach, München]	[ROOT]	SHIFT
[Tickets, nach, München]	[ROOT, Kauf]	SHIFT

Kauf Tickets nach München.

Buffer	Stack	Operation
[Kauf, Tickets, nach, München]	[ROOT]	SHIFT
[Tickets, nach, München]	[ROOT, Kauf]	SHIFT
[nach, München]	[ROOT, Kauf, Tickets]	

Jetzt wieder SHIFT, da mit RIGHTARC „Tickets“ zu früh vom Stack genommen werden würde. Das Parsen von „nach München“ wäre dann nicht mehr möglich.

Kauf Tickets nach München.

Shift-Reduce Dependeny Parsing

Buffer	Stack	Operation
[Kauf, Tickets, nach, München]	[ROOT]	SHIFT
[Tickets, nach, München]	[ROOT, Kauf]	SHIFT
[nach, München]	[ROOT, Kauf, Tickets]	SHIFT

Kauf Tickets nach München.

Shift-Reduce Dependeny Parsing

Buffer	Stack	Operation
[Kauf, Tickets, nach, München]	[ROOT]	SHIFT
[Tickets, nach, München]	[ROOT, Kauf]	SHIFT
[nach, München]	[ROOT, Kauf, Tickets]	SHIFT
[München]	[ROOT, Kauf, Tickets, nach]	SHIFT

Kauf Tickets nach München.

Shift-Reduce Dependeny Parsing

Buffer	Stack	Operation
[Kauf, Tickets, nach, München]	[ROOT]	SHIFT
[Tickets, nach, München]	[ROOT, Kauf]	SHIFT
[nach, München]	[ROOT, Kauf, Tickets]	SHIFT
[ ]	[ROOT, Kauf, Tickets, nach, München]	

Welche Operation führen wir als nächstes durch?

Kauf Tickets nach München.

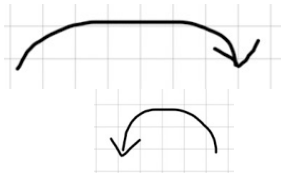
Shift-Reduce Dependeny Parsing

Buffer	Stack	Operation
[Kauf, Tickets, nach, München]	[ROOT]	SHIFT
[Tickets, nach, München]	[ROOT, Kauf]	SHIFT
[nach, München]	[ROOT, Kauf, Tickets]	SHIFT
[ ]	[ROOT, Kauf, Tickets, nach, München]	LEFTARC

Kauf Tickets nach München.

Shift-Reduce Dependeny Parsing

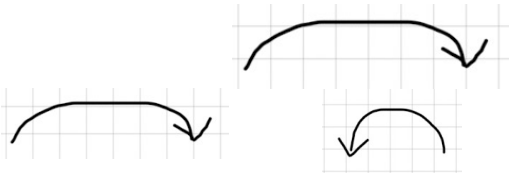
Buffer	Stack	Operation
[Kauf, Tickets, nach, München]	[ROOT]	SHIFT
[Tickets, nach, München]	[ROOT, Kauf]	SHIFT
[nach, München]	[ROOT, Kauf, Tickets]	SHIFT
[ ]	[ROOT, Kauf, Tickets, nach, München]	LEFTARC
[ ]	[ROOT, Kauf, Tickets, München]	RIGHTARC



Kauf Tickets nach München.

Shift-Reduce Dependeny Parsing

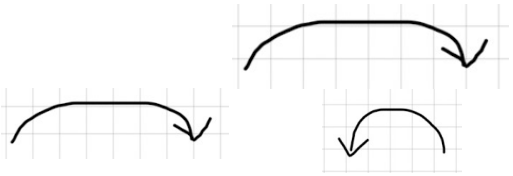
Buffer	Stack	Operation
[Kauf, Tickets, nach, München]	[ROOT]	SHIFT
[Tickets, nach, München]	[ROOT, Kauf]	SHIFT
[nach, München]	[ROOT, Kauf, Tickets]	SHIFT
[ ]	[ROOT, Kauf, Tickets, nach, München]	LEFTARC
[ ]	[ROOT, Kauf, Tickets, München]	RIGHTARC
[ ]	[ROOT, Kauf, Tickets]	RIGHTARC



Kauf Tickets nach München.

Shift-Reduce Dependeny Parsing

Buffer	Stack	Operation
[Kauf, Tickets, nach, München]	[ROOT]	SHIFT
[Tickets, nach, München]	[ROOT, Kauf]	SHIFT
[nach, München]	[ROOT, Kauf, Tickets]	SHIFT
[ ]	[ROOT, Kauf, Tickets, nach, München]	LEFTARC
[ ]	[ROOT, Kauf, Tickets, München]	RIGHTARC
[ ]	[ROOT, Kauf, Tickets]	RIGHTARC
[ ]	[ROOT, Kauf]	RIGHTARC

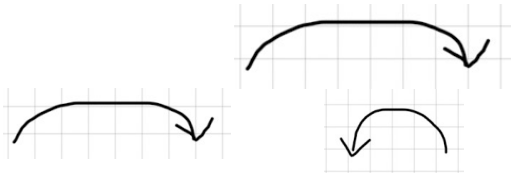


Kauf Tickets nach München.

ROOT

Shift-Reduce Dependeny Parsing

Buffer	Stack	Operation
[Kauf Tickets, nach, München]	[ROOT]	SHIFT
[Tickets, nach, München]	[ROOT, Kauf]	SHIFT
[nach, München]	[ROOT, Kauf, Tickets]	SHIFT
[ ]	[ROOT, Kauf, Tickets, nach, München]	LEFTARC
[ ]	[ROOT, Kauf, Tickets, München]	RIGHTARC
[ ]	[ROOT, Kauf, Tickets]	RIGHTARC
[ ]	[ROOT, Kauf]	RIGHTARC
[ ]	[ROOT]	DONE



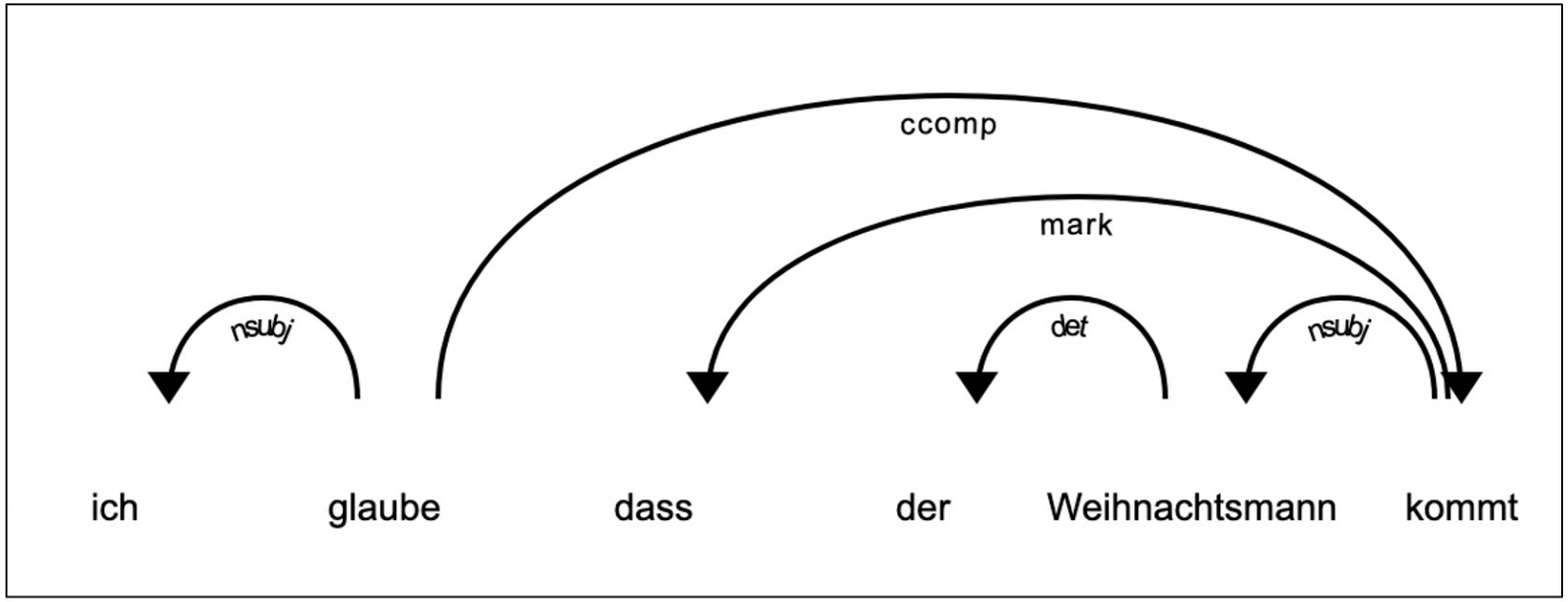
Kauf Tickets nach München.

ROOT

Shift-Reduce Dependeny Parsing

Projektive Struktur:

Für jede Dependenzrelation im Satz gilt, dass es einen Pfad vom Kopf zu allen Wörtern zwischen Kopf und Dependent gibt.
Beispiel:



Z.B. können wir jedes Wort zwischen „glaube“ (Kopf) und „kommt“ (Dependent) von „glaube“ aus erreichen.

Shift-Reduce Dependeny Parsing

Nicht-projektive Struktur:

Es gibt Dependenzrelation im Satz, für die die Bedingung für projektive Strukturen nicht gilt, d.h. wir können nicht bei allen Dependenzrelationen im Satz jedes Wort zwischen Kopf und Dependent erreichen.

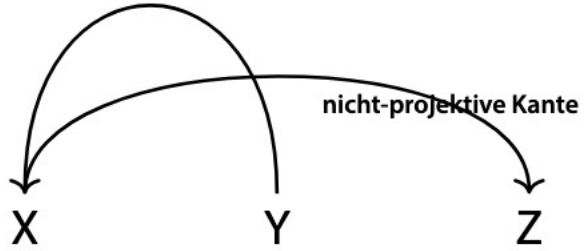
Beispiel:

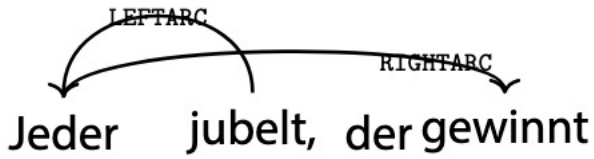
In diesem Beispiel ist "talk" Kopf von "about", und „yesterday" steht zwischen Kopf und Dependent.
Es gibt keinen Pfad vom Kopf („talk") zu "yesterday", daher handelt es sich um eine nicht-projektive Struktur.

vgl. Vorlesungsfolien

Shift-Reduce Dependeny Parsing

Beim Dependency-Parsing können nicht-projektive Strukturen problematisch sein. Der übergangsbasierte Shift-Reduce-Dependency-Parser kann beispielsweise mit nicht-projektiven Strukturen nicht umgehen.





vgl. Vorlesungsfolien

Was ist das Problem bei Parsen einer solchen Struktur?

Wir würden hier X und Y auf den Stack shiften, dann REDUCE-LEFTARC anwenden und den Dependenten (X) vom Stack nehmen. Wenn wir X vom Stack nehmen, können wir aber den Rest des Satzes nicht mehr parsen!