

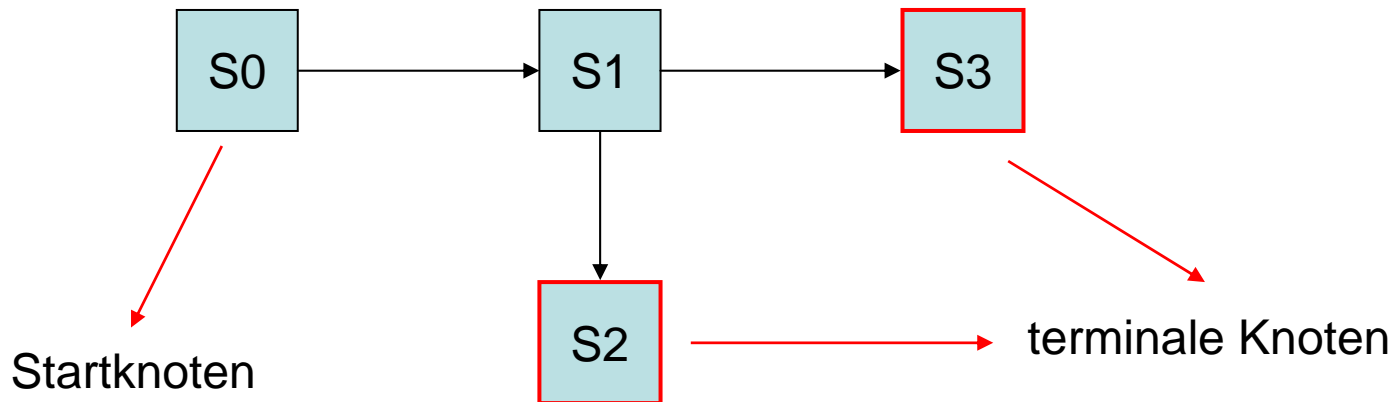
# 4.3 Übergangsnetze

transition network (TN)

## 4.3.1 Einfache und rekursive Übergangsnetze

# Übergangnetzwerk

*Ein Übergangnetzwerk ist ein gerichteter Graph. Dieser Graph besitzt genau einen Start(Anfangs)knoten S0 (Knoten ohne Vorgänger) und einen oder mehrere terminale Knoten (Knoten ohne Nachfolger).*



# Beispiel (kontextfreie Grammatik)

$$G = (V_N, V_T, R, S)$$

$$V_N = \{S, NP, NP2, VP, N, V, ART, ADJ\}$$

$$V_T = \{\text{Roboter}, \dots\}$$

Regeln:

$$S \rightarrow NP \ VP$$

$$NP \rightarrow N$$

$$NP \rightarrow ART \ N$$

$$VP \rightarrow V \ NP2$$

$$NP2 \rightarrow ART \ N$$

$$NP2 \rightarrow ADJ \ N$$

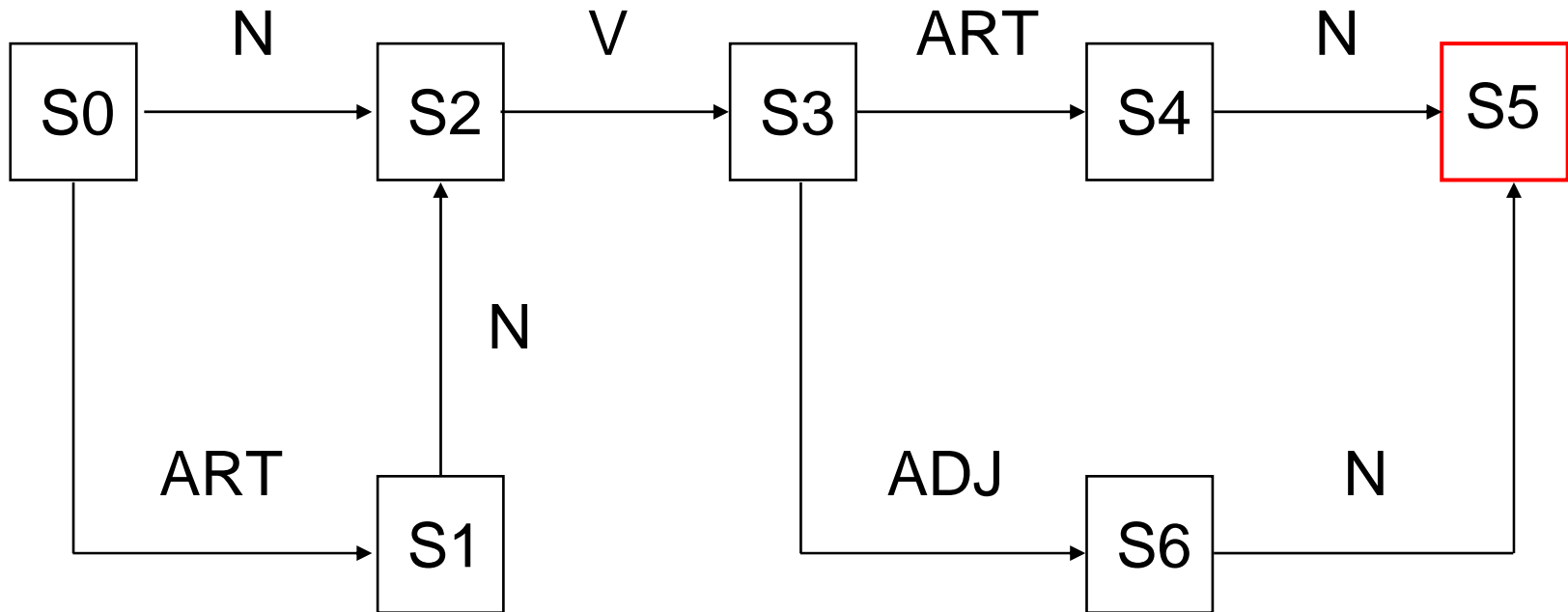
$$N \rightarrow \text{Roboter}, \dots$$

$$V \rightarrow \text{ist}, \dots$$

$$ADJ \rightarrow \text{grau}, \dots$$

$$ART \rightarrow \text{der}, \dots$$


# Beispiel (Übergangsnetz)



Kanten: präterminale Symbole (N, V, ADJ, ART)

Knoten: Satzteile (Phrasenteile, Phrasen, Satz)

$S0 \rightarrow S2$   NP

$S2 \rightarrow S5$   VP

$S3 \rightarrow S5$   NP2

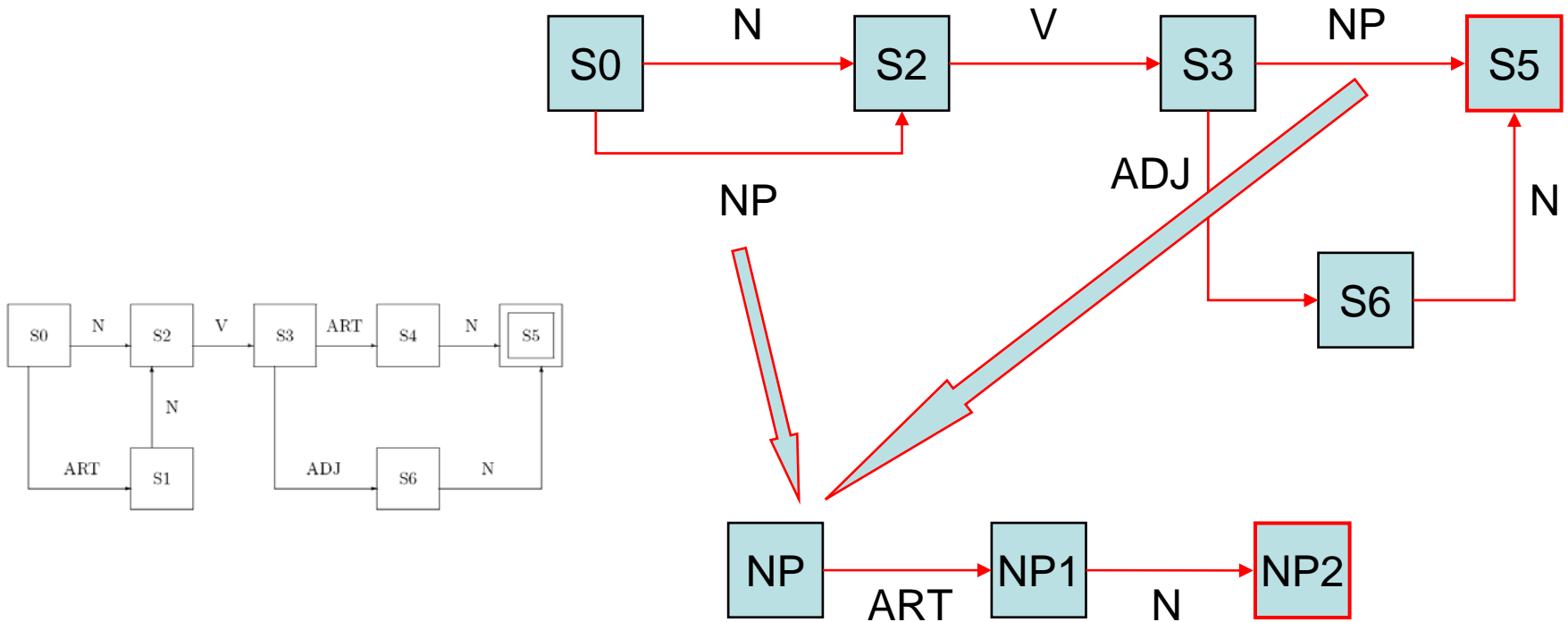
# Einsatz von Übergangnetzwerken

- Ein Weg vom Startknoten  $S_0$  bis zu einem terminalen Knoten, bei dem jeweils die auf den Kanten stehenden präterminalen Symbole durch ein beliebiges Wort ersetzt werden, das im Lexikon mit diesem präterminalen Symbol verknüpft ist, **generiert einen Satz  $S$** .
- Ein **Satz  $S = w_1 w_2 \dots w_n$**  der natürlichen Sprache wird vom Übergangnetzwerk **akzeptiert**, wenn sich ein zusammenhängender Kantenzug  $Z$  der Länge  $n$  vom Startknoten bis zu einem terminalen Knoten finden lässt, so dass das präterminale Symbol auf der  $i$ -ten Kante von  $Z$  gleich der im Lexikon angegebenen Kategorie des  $i$ -ten Wortes  $w_i$  aus  $S$  ist.

# Rekursive Übergangnetzwerke (RTN)

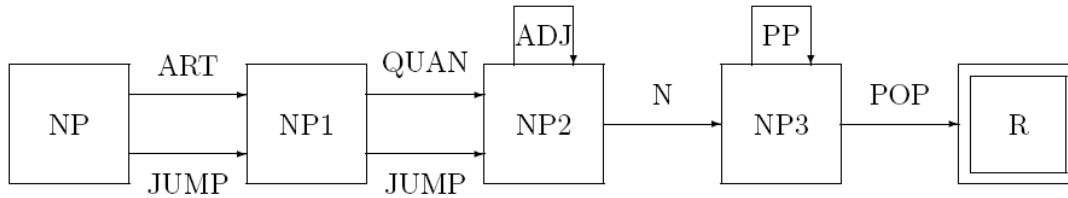
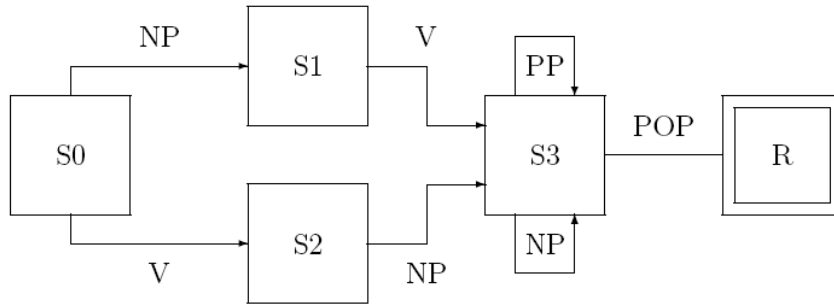
- Rekursive Übergangnetzwerke können Kanten enthalten, die selbst Übergangnetzwerke sein können, d.h. als Kantenmarkierungen sind nicht nur präterminale Symbole zugelassen, sondern auch beliebige nichtterminale Symbole (z.B. NP).

# Beispiel

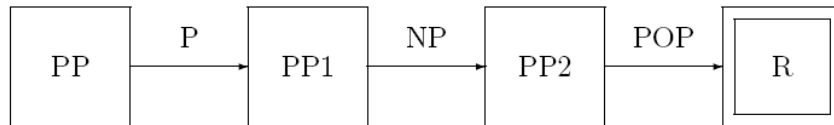




# Beispiel



QUAN: Symbol für Zahlangabe



- $NP \rightarrow ART \ NP1$
- $NP \rightarrow NP1$
- $NP1 \rightarrow QUAN \ NP2$
- $NP1 \rightarrow NP2$
- $NP2 \rightarrow ADJ \ NP2$
- $NP2 \rightarrow N$
- $NP2 \rightarrow N \ NP3$
- $NP3 \rightarrow PP$
- $NP3 \rightarrow PP \ NP3$
- $PP \rightarrow P \ NP$
- $N \rightarrow \textit{Roboter}, \dots$
- $ADJ \rightarrow \textit{grau}, \dots$
- $ART \rightarrow \textit{der}, \dots$
- $P \rightarrow \textit{mit}, \dots$
- $QUAN \rightarrow \textit{zwei}, \dots$

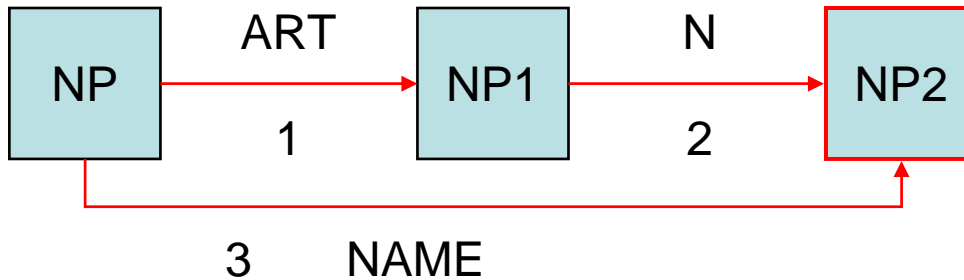
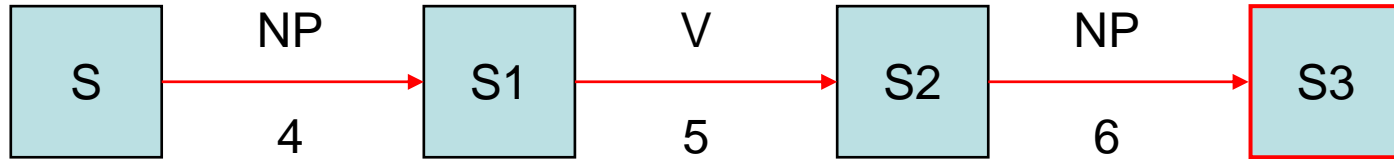
## 4.3.2 Erweiterte Übergangsnetze

augmented transition network  
(ATN)

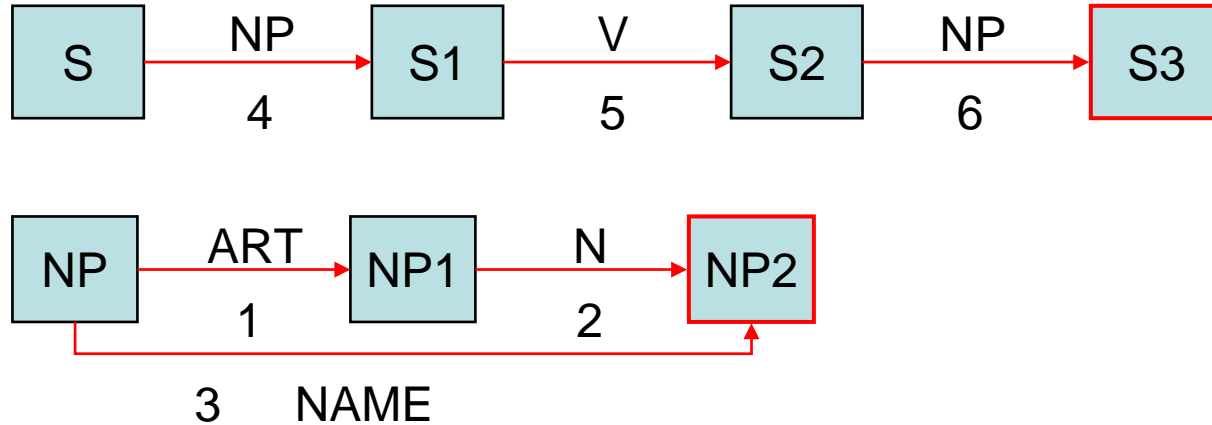
# Erweiterte Übergangnetze

- rekursives Übergangnetzwerk, bei dem die Kanten mit prozeduralen Elementen versehen werden
  - Test, Kantendurchlaufbedingung
  - Aktionen
  - Registeroperationen

# Beispiel



# Beispiel



**Test:**

**Aktion:**

Kante 2

$NUM \cap NUM(*) \neq \emptyset$

Kante 5

$NUM(SUBJ) \cap NUM(*) \neq \emptyset$

Kante 1

Kante 2

Kante 3

Kante 4

Kante 5

Kante 6

$DET = *$ ,  $NUM = NUM(*)$

$HEAD = *$ ,  $NUM = NUM \cap NUM(*)$

$NAME = *$ ,  $NUM = NUM(*)$

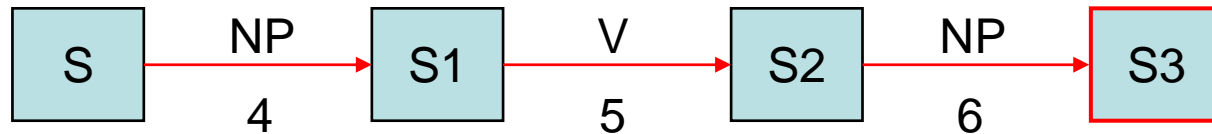
$SUBJ = *$

$VERB = *$ ,  $NUM = NUM(SUBJ) \cap NUM(*)$

$OBJ = *$

\* bedeutet dabei das gerade analysierte Wort

# Beispiel



*Der Hund sah Jack.*

**Kante 4:**

*SUBJ* ← (NP DET ← der HEAD ← Hund NUM ← 3s)

**Kante 5:**

*VERB* ← sah NUM ← 3s

**Kante 6:**

*OBJ* ← (NP NAME ← Jack NUM ← 3s)

# Vor- und Nachteile

- Vorteile
  - graphische Anschaulichkeit
  - Überdeckung eines großen Sprachumfangs möglich
  - Eignung für generative und für analytische Zwecke
- Nachteile
  - ATNs sind nicht mehr rein deklarativ, sie enthalten prozedurale Elemente (prozedurale Verführung)
  - Berücksichtigung immer neuer Spezialfälle durch weitere Kanten und Tests
  - theoretisch linguistischer Gehalt nicht leicht abhebbar

## 4.5 Merkmalsstrukturen – Unifikationsgrammatiken



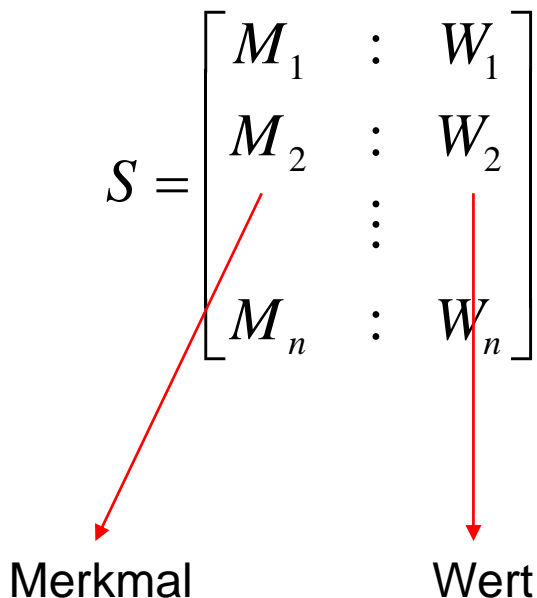
# Einführung

- **Merkmalsstrukturen** sind der Formalismus zur Darstellung linguistischen Wissens, der derzeit in der Computerlinguistik am verbreitetsten ist
- fast alle derzeit in der Computerlinguistik gängigen Grammatikformalismen beschreiben linguistische Daten in diesem Formalismus
- solche Grammatiken werden auch als **Unifikationsgrammatiken** bezeichnet

## 4.5.1 Definition

# Merkmalsstrukturen

Eine Merkmalsstruktur  $S$  ist eine Menge von Paaren ( $M:W$ ), wobei  $M$  ein Merkmal bedeutet und diesem Merkmal  $M$  ein Wert  $W$  zugeordnet ist.



- Merkmal
  - beliebiges Symbol aus einer vorgegebenen Menge
- Wert
  - ein einfacher Wert (Atom, Zeichenkette, Zahl, . . . )
  - wieder eine Merkmalsstruktur
  - eine spezielle Konstruktion

Manchmal lassen wir den  $:$  weg.

# spezielle Konstruktionen

- **Koreferenzen**, d.h. Konstruktionen, die dazu dienen, die Identität von Werten unterschiedlicher Merkmale auszudrücken

n

- Mengen von alternativ möglichen Werten

$$W = \{W_1; W_2; \dots; W_k\}$$

$$W = W_1 \vee W_2 \vee \dots \vee W_k$$

## 4.5.2 Beispiele

# weibliche Substantive im Nominativ

$$S = \begin{bmatrix} \text{CAT} & : & N \\ \text{KASUS} & : & \textit{nom} \\ \text{GENUS} & : & \textit{f} \end{bmatrix}$$

$$S = \begin{bmatrix} \text{SYN} : \begin{bmatrix} \text{CAT} : \begin{bmatrix} \text{NOMINAL} : + \\ \text{VERBAL} : - \end{bmatrix} \\ \text{AGR} : \begin{bmatrix} \text{KASUS} : \textit{nom} \\ \text{GENUS} : \textit{f} \end{bmatrix} \end{bmatrix} \end{bmatrix}$$

# Verben in der dritten Person Singular

$$S = \begin{bmatrix} \text{CAT} & : & V \\ \text{NUM} & : & sg \\ \text{PERS} & : & 3 \end{bmatrix}$$

# Unterspezifikation

Merkmalsstrukturen als Repräsentationen linguistischer Objekte liefern im Allgemeinen nur partielle Informationen über deren Merkmale.

$$S = \begin{bmatrix} \text{CAT} & : & N \\ \text{GEN} & : & m \end{bmatrix}$$

Numerus und Kasus sind nicht festgelegt.

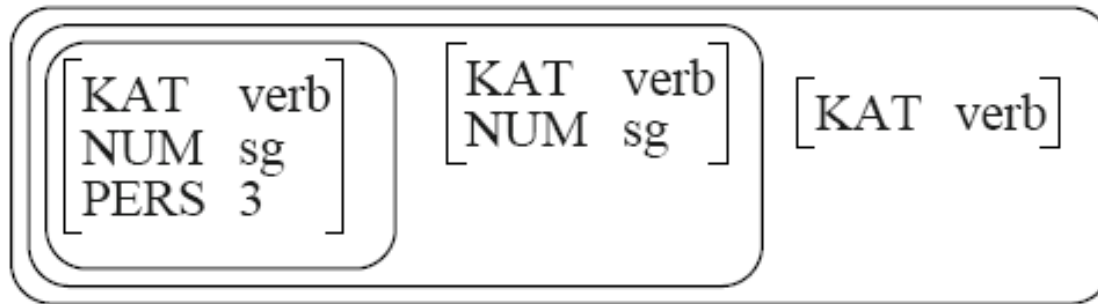
In einer Merkmalsstruktur können Merkmale, deren Werte noch nicht bekannt sind, unspezifiziert gelassen werden

Damit ist es möglich, ein Modell eines Objekts herzustellen mit dem, was bisher darüber bekannt ist und abzuwarten, bis durch den Kontext des Wortes in einer sprachlichen Äußerung weitere Information hinzukommt.



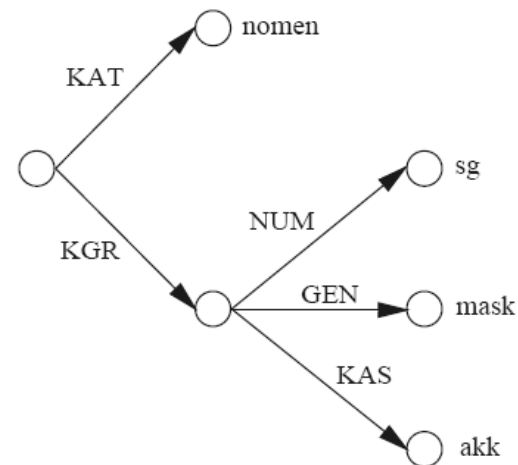
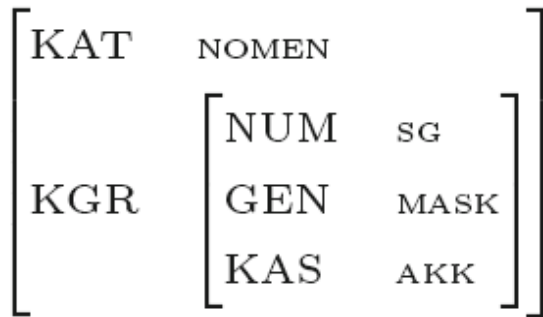
# Merkmalsstrukturen beschreiben

## Mengen



# Merkmalsstrukturen als Werte

Mittels komplexer Werte (Merkmalsstrukturen) lassen sich die für die Kongruenz relevanten Merkmale NUM (Numerus), GEN (Genus) und KAS (Kasus) unter einem Merkmal KGR (Kongruenz) zusammenfassen:



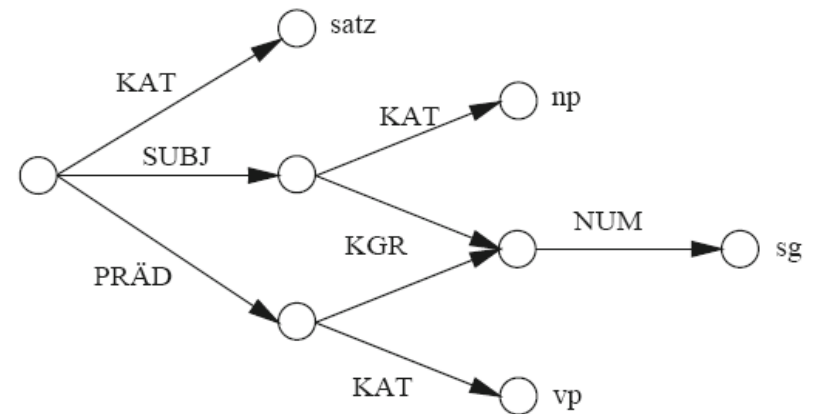
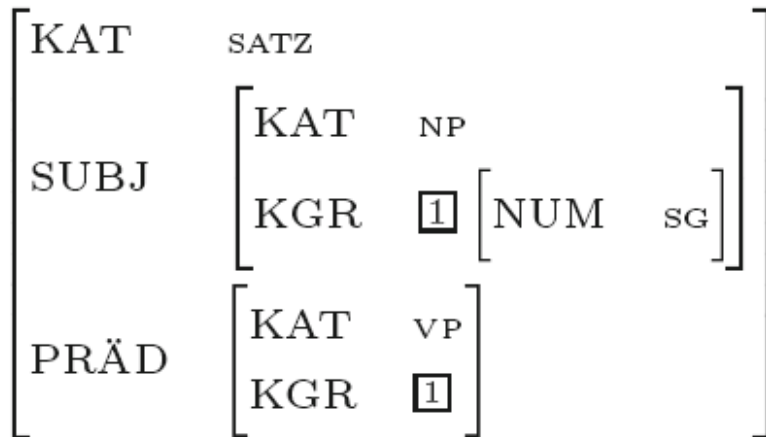
Merkmalsstruktur als gerichteter Graph

# Koreferenzen

Der Hund bellt.

Betrachtet man einzelne Wörter wie **Hund**, **der** und **bellt**, kann man die Werte vieler ihrer grammatischen Merkmale nicht festlegen.

Dennoch weiß man, dass die Phrase **der Hund** in Person und Numerus mit dem Verb **bellt** übereinstimmen muss.



# Koreferenzen

$$S_4 = \left[ \begin{array}{c} \text{KAT} \\ \text{KGR} \\ \text{OBJ} \end{array} \begin{array}{c} \text{VP} \\ \left[ \begin{array}{c} \text{NUM} \\ \text{PERS} \end{array} \right. \\ \left[ \begin{array}{c} \text{KGR} \\ \left[ \begin{array}{c} \text{NUM} \\ \text{PERS} \end{array} \right. \end{array} \right] \end{array} \right. \left. \begin{array}{c} \text{SG} \\ 2 \\ \left[ \begin{array}{c} \text{SG} \\ 2 \end{array} \right] \end{array} \right]$$

zufällig gleiche Werte

$$S_5 = \left[ \begin{array}{c} \text{KAT} \\ \text{KGR} \\ \text{OBJ} \end{array} \begin{array}{c} \text{VP} \\ \boxed{1} \left[ \begin{array}{c} \text{NUM} \\ \text{PERS} \end{array} \right. \\ \left[ \begin{array}{c} \text{KGR} \\ \boxed{1} \end{array} \right] \end{array} \right. \left. \begin{array}{c} \text{SG} \\ 2 \end{array} \right]$$

Durch die Koreferenz wird die zusätzliche Information gegeben, dass die beiden Merkmale stets denselben Wert haben.

# Disjunkte Werte

$$S_{den} = \left[ \begin{array}{cc} \text{KAT} & \text{ART} \\ \text{KGR} & \left[ \begin{array}{cc} \text{NUM} & \text{SG} \\ \text{GEN} & \text{MASK} \\ \text{KAS} & \text{AKK} \end{array} \right] \vee \left[ \begin{array}{cc} \text{NUM} & \text{PL} \\ \text{KAS} & \text{DAT} \end{array} \right] \end{array} \right]$$

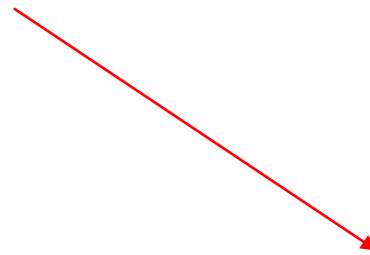
Die Artikelform den kann entweder ein Maskulinum im Akkusativ Singular sein, oder in allen Genera ein Dativ Plural.

# Lexikoneinträge

$$S = \left[ \begin{array}{l} \text{CAT} : \quad \text{ART} \\ \text{HEAD} : \left[ \text{AGR} : \left[ \begin{array}{l} \text{NUM} : \textit{sg} \\ \text{GEN} : \textit{f} \end{array} \right] \right] \end{array} \right]$$

$$S = \left[ \begin{array}{l} \text{CAT} : \quad \text{ART} \\ \text{HEAD} : \left[ \text{AGR} : \left[ \begin{array}{l} \text{NUM} : \textit{pl} \\ \text{KASUS} : \textit{nom} \end{array} \right] \right] \end{array} \right]$$

$$S = \left[ \begin{array}{l} \text{CAT} : \quad \text{N} \\ \text{HEAD} : \left[ \text{AGR} : \left[ \begin{array}{l} \text{GEN} : \textit{m} \\ \text{KASUS} : \textit{nom} \end{array} \right] \right] \end{array} \right]$$



Wort – **die**

Wort – **Schüler**

## 4.5.3 Annotation von Grammatikregeln mit Merkmalsstrukturen

# Annotation

Regel:

$$X_0 \rightarrow X_1 X_2 \cdots X_n$$

$$X_0 \in V_N, X_i \in V \quad (i = 1, \dots, n)$$

$$S = \begin{bmatrix} X_0 & : & S_0 \\ X_1 & : & S_1 \\ & : & \vdots \\ X_n & : & S_n \end{bmatrix}$$

Merkmalsstrukturen

The diagram shows three red arrows originating from the right side of the matrix S. The top arrow points from the S\_0 element to the text 'Merkmalsstrukturen'. The middle arrow points from the S\_1 element to the text. The bottom arrow points from the S\_n element to the text.



# Annotation – Beispiel

Regel:  $NP \rightarrow ART \ ADJ \ N$

$$S = \left[ \begin{array}{l} X_0 : \left[ \begin{array}{l} CAT : NP \\ AGR : \boxed{1} \end{array} \right] \\ X_1 : \left[ \begin{array}{l} CAT : ART \\ AGR : \boxed{1} \end{array} \right] \\ X_2 : \left[ \begin{array}{l} CAT : ADJ \\ AGR : \boxed{1} \end{array} \right] \\ X_3 : \left[ \begin{array}{l} CAT : N \\ AGR : \boxed{1} \end{array} \right] \end{array} \right]$$

# Beispiel

Regel:  $NP \rightarrow ART \ N$

$$S = \left[ \begin{array}{l} X_0 : \\ X_1 : \\ X_2 : \end{array} \left[ \begin{array}{l} CAT : NP \\ HEAD : \boxed{1} [AGR : \boxed{2}] \\ \\ CAT : ART \\ AGR : \boxed{2} \\ \\ CAT : N \\ HEAD : \boxed{1} \end{array} \right] \right]$$

# Beispiel

Regel:  $S \rightarrow NP \quad VP$

$$S = \left[ \begin{array}{l} X_0 : \left[ \begin{array}{l} CAT : S \\ HEAD : \boxed{1} [ AGR : \boxed{2} ] \end{array} \right] \\ X_1 : \left[ \begin{array}{l} CAT : NP \\ HEAD : \boxed{2} \end{array} \right] \\ X_2 : \left[ \begin{array}{l} CAT : VP \\ HEAD : \boxed{1} [ AGR : \boxed{2} ] \end{array} \right] \end{array} \right]$$

# Beispiel

Regel:  $S \rightarrow NP \quad VP$

$$S = \left[ \begin{array}{l} X_0 : \left[ \begin{array}{l} CAT : S \\ HEAD : \left[ \begin{array}{l} VERB : \boxed{1} \\ SUBJ : \boxed{2} \end{array} \right] \end{array} \right] \\ \\ X_1 : \left[ \begin{array}{l} CAT : NP \\ HEAD : \boxed{2} \left[ \begin{array}{l} STAMM : \dots \\ DET : \dots \\ AGR : \boxed{3} \end{array} \right] \end{array} \right] \\ \\ X_2 : \left[ \begin{array}{l} CAT : VP \\ HEAD : \boxed{1} \left[ \begin{array}{l} STAMM : \dots \\ AGR : \boxed{3} \end{array} \right] \end{array} \right] \end{array} \right]$$

# Bemerkungen

- man kann die gesamte Regelinformation in eine Merkmalsstruktur bringen
- arbeitet man mit Lexikon, so ist auch den Lexikoneinträgen eine Merkmalsstruktur zuzuordnen
- **Unifikationsgrammatik** = Grammatik + Merkmalsstrukturen
- auch TAGs (Baumadjunktionsgrammatiken) können mit Merkmalsstrukturen annotiert werden

## 4.5.4 Operationen über Merkmalsstrukturen

# Definitionen

$U$  Diskursuniversum (endliche Menge)

Die Elemente von  $U$  könnten z.B.  
Wortformen, Phrasen oder Sätze sein.

$t$  Merkmalsstruktur

$\|t\|$  Menge aller Elemente aus  $U$ ,  
die durch  $t$  spezifiziert werden

$$\|t\| \subseteq U$$

$t_1, t_2$  Merkmalsstrukturen

$$t_1 \text{ subsumiert } t_2 \Leftrightarrow \|t_1\| \supseteq \|t_2\|$$

$$t_1 \sqsubseteq t_2$$



Halbordnung in der Menge  
der Merkmalsstrukturen

# Beispiele

$$[\text{CAT} : N] \sqsubseteq \left[ \begin{array}{l} \text{CAT} : N \\ \text{AGR} : [\text{KASUS} : \textit{nom}] \end{array} \right]$$

$$\left[ \begin{array}{l} \text{CAT} : N \\ \text{AGR} : [\text{KASUS} : \textit{nom}] \end{array} \right] \not\sqsubseteq \left[ \begin{array}{l} \text{CAT} : V \\ \text{TEMP} : \textit{pres} \end{array} \right]$$

$$\left[ \begin{array}{l} \text{CAT} : V \\ \text{TEMP} : \textit{pres} \end{array} \right] \not\sqsubseteq \left[ \begin{array}{l} \text{CAT} : N \\ \text{AGR} : [\text{KASUS} : \textit{nom}] \end{array} \right]$$



# spezielle Merkmalsstrukturen

$\top$

Merkmalsstruktur (Topelement)

$$\|\top\| = U$$

$$\top \subseteq t$$

$\perp$

Merkmalsstruktur (Bottomelement)

$$\|\perp\| = \emptyset$$

$$t \subseteq \perp$$

für alle Merkmalsstrukturen  $t$

# Eigenschaften

Die Subsumption ist keine vollständige Ordnung, sondern eine partielle Ordnung.

1. Reflexivität: Jede Struktur  $S$  subsumiert sich selbst:  $S \sqsubseteq S$  für alle  $S$ .
2. Transitivität: Wenn  $S_1 \sqsubseteq S_2$  und  $S_2 \sqsubseteq S_3$ , dann  $S_1 \sqsubseteq S_3$ .
3. Antisymmetrie: Wenn  $S_1 \sqsubseteq S_2$  und  $S_2 \sqsubseteq S_1$ , dann gilt  $S_1 = S_2$ .

# Unifikation

$t_0, t_1, t_2$  Merkmalsstrukturen

Eine Merkmalsstruktur  $t_0$  heißt Unifikation der Merkmalsstrukturen  $t_1$  und  $t_2$  genau dann, wenn die folgenden 3 Bedingungen erfüllt sind:

$$t_1 \sqsubseteq t_0$$

$$t_2 \sqsubseteq t_0$$

$\forall t$  mit  $t_1 \sqsubseteq t$   $t_2 \sqsubseteq t$  gilt:  $t_0 \sqsubseteq t$

$$t_0 = t_1 \sqcup t_2$$

# Bemerkungen

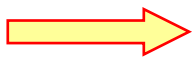
- $t_0$  ist der allgemeinste Typ, der sowohl von  $t_1$  als auch von  $t_2$  subsumiert wird
- die Unifikation ist die wichtigste Operation über Merkmalsstrukturen (deshalb Unifikationsgrammatiken)
- Die Idee der Unifikation ist es, zwei Merkmalsstrukturen auf Verträglichkeit zu prüfen und - im Falle der Verträglichkeit - als Ergebnis eine Merkmalsstruktur zu liefern, die die Informationen der zwei ursprünglichen Merkmalsstrukturen vereint
- andernfalls schlägt die Unifikation fehl, bzw. liefert als Ergebnis das Bottomelement

# Beispiel

$$S_a = \begin{bmatrix} \text{CAT} & NP \\ \text{AGR} & [\text{NUM } sg] \end{bmatrix} \quad S_b = \begin{bmatrix} \text{CAT} & NP \\ \text{AGR} & [\text{GEN } f] \end{bmatrix} \quad S_c = \begin{bmatrix} \text{CAT} & NP \\ \text{AGR} & [\text{NUM } pl] \end{bmatrix}$$

$$S_d = \begin{bmatrix} \text{CAT} & NP \\ \text{AGR} & \begin{bmatrix} \text{NUM } sg \\ \text{GEN } f \end{bmatrix} \end{bmatrix} \quad S_e = \begin{bmatrix} \text{CAT} & NP \\ \text{AGR} & \begin{bmatrix} \text{NUM } sg \\ \text{GEN } f \\ \text{KAS } dat \end{bmatrix} \end{bmatrix}$$

$$S_a \sqsubseteq S_d \quad S_b \sqsubseteq S_d \quad S_a \sqsubseteq S_e \quad S_b \sqsubseteq S_e \quad S_d \sqsubseteq S_e$$



$$S_d = S_a \sqcup S_b$$

$$\perp = S_a \sqcup S_c$$

Strukturen mit widersprüchlicher  
Information

# Beispiel

$$[\text{CAT} : N] \sqcup [\text{KASUS} : \textit{nom}]$$

$$= \begin{bmatrix} \text{CAT} & : & N \\ \text{KASUS} & : & \textit{nom} \end{bmatrix}$$

$$\begin{bmatrix} \text{CAT} : & V \\ \text{AGR} : & \begin{bmatrix} \text{PERS} : 3 \\ \text{NUM} : \textit{sg} \end{bmatrix} \end{bmatrix} \sqcup \begin{bmatrix} \text{CAT} : & V \\ \text{AGR} : & \begin{bmatrix} \text{PERS} : 1 \\ \text{NUM} : \textit{sg} \end{bmatrix} \end{bmatrix} = \perp$$

# Eigenschaften

$$\|t_1 \sqcup t_2\| \subseteq \|t_1\| \cap \|t_2\|$$

$$t \sqcup \top = t$$

$$t \sqcup \perp = \perp$$

$$t_1 \sqcup t_2 = t_2 \sqcup t_1$$

$$t \sqcup t = t$$

$$(t_1 \sqcup t_2) \sqcup t_3 = t_1 \sqcup (t_2 \sqcup t_3)$$

# Generalisierung

$t_0, t_1, t_2$  Merkmalsstrukturen

Eine Merkmalsstruktur  $t_0$  heißt Generalisierung der Merkmalsstrukturen  $t_1$  und  $t_2$  genau dann, wenn die folgenden 3 Bedingungen erfüllt sind:

$$t_0 \sqsubseteq t_1$$

$$t_0 \sqsubseteq t_2$$

$$\forall t \text{ mit } t \sqsubseteq t_1 \quad t \sqsubseteq t_2 \quad \text{gilt:} \quad t \sqsubseteq t_0$$

$$t_0 = t_1 \sqcap t_2$$



# Bemerkung

- Generalisierung ist jene Operation, die die Information bestimmt, die zwei Merkmalsstrukturen gemeinsam ist.

# Beispiel

$$\left[ \begin{array}{l} \text{CAT} : V \\ \text{NUM} : sg \end{array} \right] \sqcap \left[ \begin{array}{l} \text{CAT} : V \\ \text{NUM} : pl \end{array} \right] = \left[ \text{CAT} : V \right]$$

$$\left[ \begin{array}{l} \text{CAT} : V \\ \text{AGR} : \left[ \begin{array}{l} \text{PERS} : 3 \\ \text{NUM} : sg \end{array} \right] \end{array} \right] \sqcap \left[ \begin{array}{l} \text{CAT} : V \\ \text{AGR} : \left[ \begin{array}{l} \text{PERS} : 1 \\ \text{NUM} : sg \end{array} \right] \end{array} \right]$$

$$= \left[ \begin{array}{l} \text{CAT} : V \\ \text{AGR} : \left[ \text{NUM} : sg \right] \end{array} \right]$$

falls keine Disjunktion für die Werte von Merkmalen zugelassen wird

# Beispiel

$$\left[ \begin{array}{l} \text{CAT} : \\ \text{AGR} : \end{array} \begin{array}{l} V \\ \left[ \begin{array}{l} \text{PERS} : 3 \\ \text{NUM} : sg \end{array} \right] \end{array} \right] \sqcap \left[ \begin{array}{l} \text{CAT} : \\ \text{AGR} : \end{array} \begin{array}{l} V \\ \left[ \begin{array}{l} \text{PERS} : 1 \\ \text{NUM} : sg \end{array} \right] \end{array} \right]$$

$$= \left[ \begin{array}{l} \text{CAT} : \\ \text{AGR} : \end{array} \begin{array}{l} V \\ \left[ \begin{array}{l} \text{PERS} : \{1;3\} \\ \text{NUM} : sg \end{array} \right] \end{array} \right]$$

falls Disjunktion für die Werte von Merkmalen zugelassen wird

# Eigenschaften

$$\|t_1 \sqcap t_2\| \supseteq \|t_1\| \cup \|t_2\|$$

$$t \sqcap \top = \top$$

$$t \sqcap \perp = t$$

$$t_1 \sqcap t_2 = t_2 \sqcap t_1$$

$$t \sqcap t = t$$

$$(t_1 \sqcap t_2) \sqcap t_3 = t_1 \sqcap (t_2 \sqcap t_3)$$

# Bemerkung

Die Distributivgesetze


- $(t_1 \sqcap t_2) \sqcup t_3 = (t_1 \sqcup t_3) \sqcap (t_2 \sqcup t_3)$
- $(t_1 \sqcup t_2) \sqcap t_3 = (t_1 \sqcap t_3) \sqcup (t_2 \sqcap t_3)$

gelten i. a. nicht (nur wenn Disjunktion für die Werte von Merkmalen zugelassen wird).

## 4.5.5 Parsing

# Chart – Parser

- bei den Parsingalgorithmen wird jetzt auf Unifizierbarkeit statt auf Symbolgleichheit getestet
- eine Kante erhält ein weiteres Element, das Variablenbindungen beschreibt

$$[i, j, A, \alpha, B, \beta, \theta] \in C$$


# Prozedur Expand

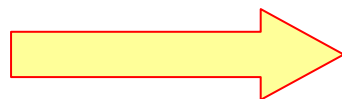
Gegeben:

- Unifikationsgrammatik mit einer Regelmenge  $R$
- Chart  $C$

$$[i, j, A, \alpha, B, \beta, \theta] \in C \quad 0 \leq i \leq j \leq n, \quad A, B \in V_N, \quad \alpha, \beta \in V^*$$

$$(B' \rightarrow \tau) \in R \quad \tau \in V^*$$

$$B^* = B' \sqcup B \quad \longrightarrow \quad \text{Unifikation}$$



neue Kante

$$[j, j, B^*, \varepsilon, \tau, \theta'] \in C$$

*beschreibt die durch die Unifikation modifizierte Menge von Variablenbindungen*



# Beispiel – Regeln

$$\left[ \begin{array}{l} CAT : S \\ HEAD : \boxed{1} \end{array} \right] \rightarrow \left[ \begin{array}{l} CAT : NP \\ HEAD : \boxed{2} \end{array} \right] \left[ \begin{array}{l} CAT : VP \\ HEAD : \boxed{1} \left[ \begin{array}{l} AGR \boxed{2} \end{array} \right] \end{array} \right]$$

(Regel:  $S \rightarrow NP \ VP$ )

$$\left[ \begin{array}{l} CAT : VP \\ HEAD : \boxed{3} \end{array} \right] \rightarrow \left[ \begin{array}{l} CAT : V \\ HEAD : \boxed{3} \end{array} \right] \left[ \begin{array}{l} CAT : NP \end{array} \right]$$

(Regel:  $VP \rightarrow V \ NP$ )

# Beispiel – Regeln

$$\left[ \begin{array}{l} \text{CAT} : \text{NP} \\ \text{HEAD} : \boxed{4} \end{array} \right] \rightarrow \left[ \begin{array}{l} \text{CAT} : \text{N} \\ \text{HEAD} : \boxed{4} \end{array} \right]$$

(Regel:  $\text{NP} \rightarrow \text{N}$ )

$$\left[ \begin{array}{l} \text{CAT} : \text{NP} \\ \text{HEAD} : \boxed{5} \end{array} \right] \rightarrow \left[ \text{CAT} : \text{ART} \right] \left[ \begin{array}{l} \text{CAT} : \text{N} \\ \text{HEAD} : \boxed{5} \end{array} \right]$$

(Regel:  $\text{NP} \rightarrow \text{ART} \text{ N}$ )

# Beispiel – Initialisierung der Chart

$$\left[ \begin{array}{l} \text{CAT} : S \\ \text{HEAD} : \boxed{1} \end{array} \right] \rightarrow \left[ \begin{array}{l} \text{CAT} : NP \\ \text{HEAD} : \boxed{2} \end{array} \right] \left[ \begin{array}{l} \text{CAT} : VP \\ \text{HEAD} : \boxed{1} \left[ \text{AGR} \boxed{2} \right] \end{array} \right]$$

(Regel:  $S \rightarrow NP \ VP$ )

$$\left[ 0, 0, \left[ \begin{array}{l} \text{CAT} : S \\ \text{HEAD} : \boxed{6} \end{array} \right], \varepsilon, \left[ \begin{array}{l} \text{CAT} : NP \\ \text{HEAD} : \boxed{7} \end{array} \right] \left[ \begin{array}{l} \text{CAT} : VP \\ \text{HEAD} : \boxed{6} \end{array} \right], \left\{ \left[ \boxed{6} \left[ \text{AGR} \boxed{7} \right] \right] \right\} \right]$$

# Beispiel – Expand

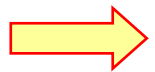
$$\left[ 0, 0, \left[ \begin{array}{l} \text{CAT} : NP \\ \text{HEAD} : \boxed{8} \end{array} \right], \varepsilon, \left[ \begin{array}{l} \text{CAT} : N \\ \text{HEAD} : \boxed{8} \end{array} \right], \{\} \right]$$

$$\left[ 0, 0, \left[ \begin{array}{l} \text{CAT} : NP \\ \text{HEAD} : \boxed{9} \end{array} \right], \varepsilon, [ \text{CAT} : \text{ART} ] \quad \left[ \begin{array}{l} \text{CAT} : N \\ \text{HEAD} : \boxed{9} \end{array} \right], \{\} \right]$$

# Beispiel - Complete

$$\left[ 2, 2, \left[ \begin{array}{l} CAT : VP \\ HEAD : \boxed{10} \end{array} \right], \varepsilon, \left[ \begin{array}{l} CAT : V \\ HEAD : \boxed{10} \end{array} \right] \left[ CAT : NP \right], \{ \} \right]$$

$$\left[ 2, 3, \left[ \begin{array}{l} CAT : \\ HEAD : \left[ \begin{array}{l} PER : 3 \\ TMP : praes \\ NUM : sing \end{array} \right] \end{array} \right] \left[ \begin{array}{l} V \\ \\ \end{array} \right], schlaeft, \varepsilon, \{ \} \right]$$



$$\left[ 2, 3, \left[ \begin{array}{l} CAT : VP \\ HEAD : \boxed{11} \end{array} \right], \left[ \begin{array}{l} CAT : V \\ HEAD : \boxed{11} \end{array} \right], \left[ CAT : NP \right], \left\{ \left[ \begin{array}{l} \boxed{11} \left[ \begin{array}{l} PER : 3 \\ TMP : praes \\ NUM : sing \end{array} \right] \right] \right\} \right]$$