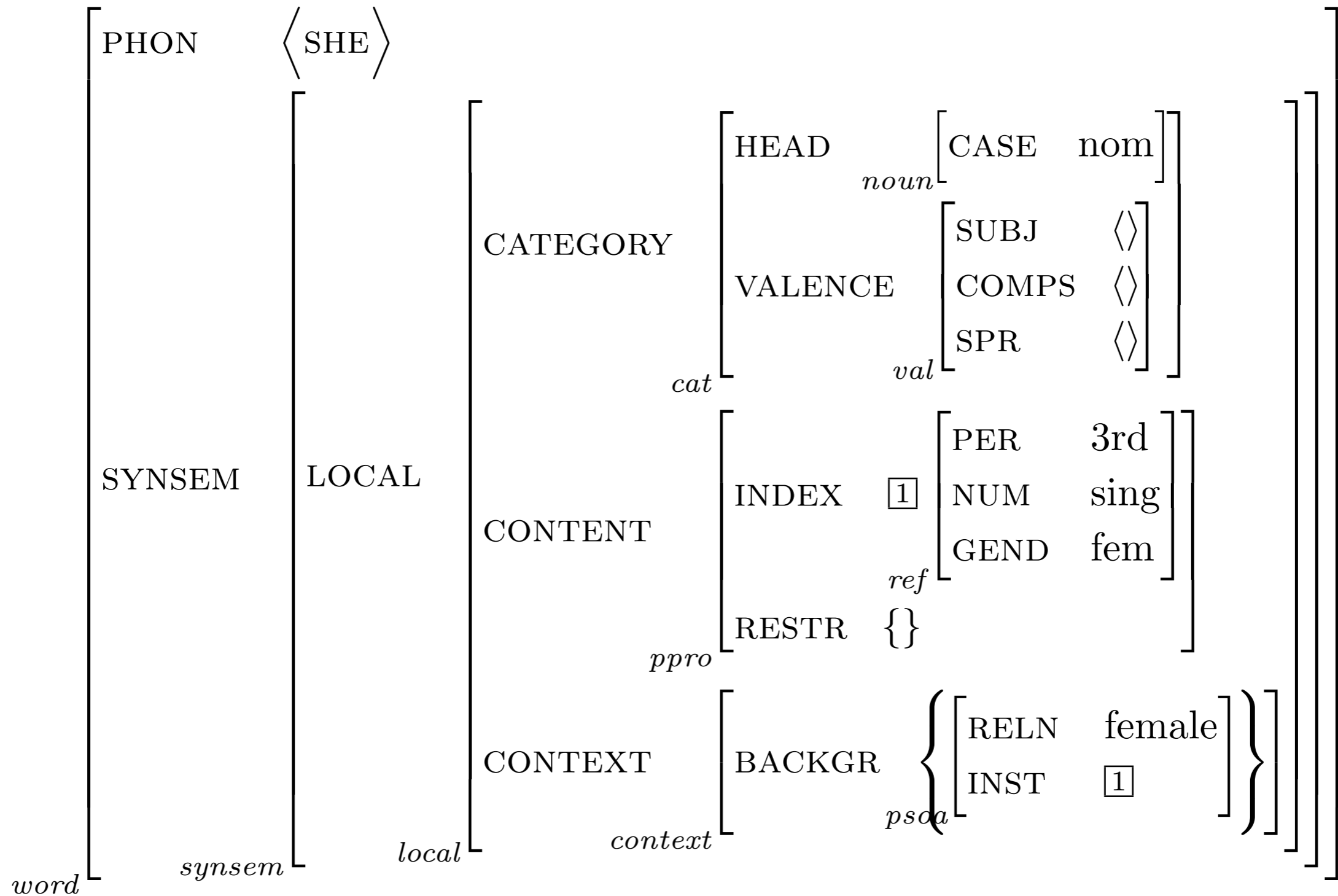


Head-Driven Phrase Structure Grammar (HPSG)

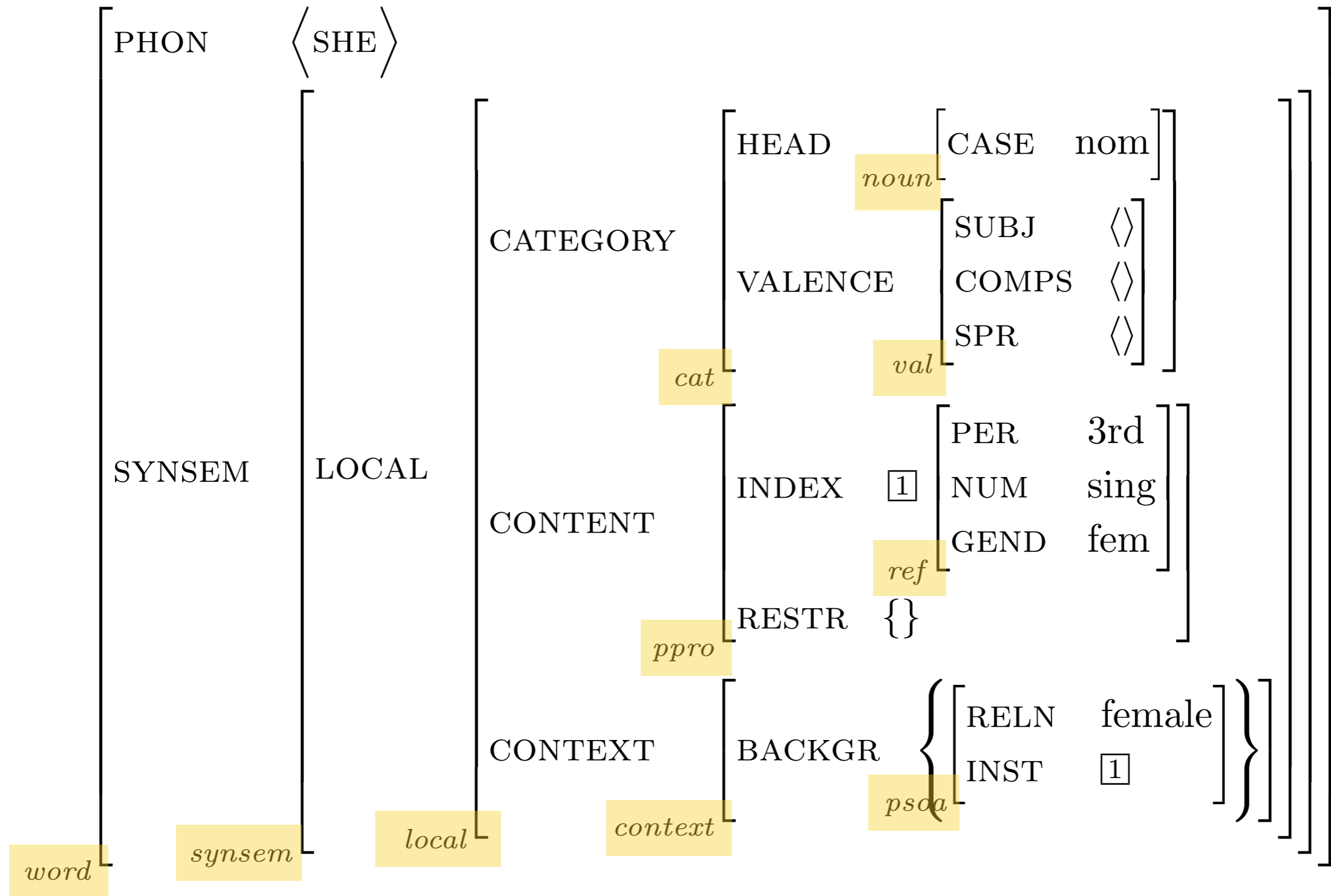
Vorlesung “Grammatikformalismen”
Alexander Koller

4. Juli 2017

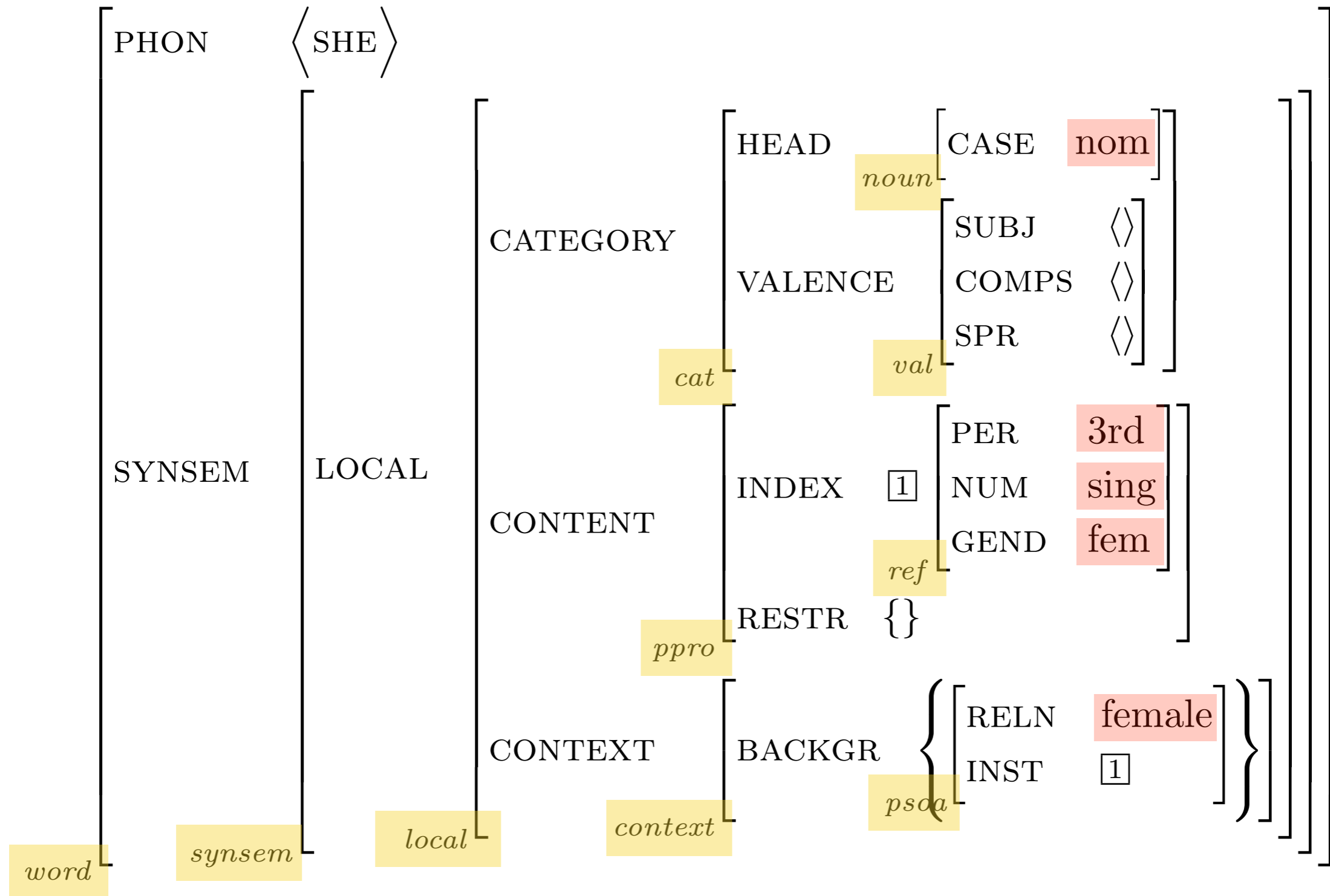
Vorschau: HPSG



Vorschau: HPSG



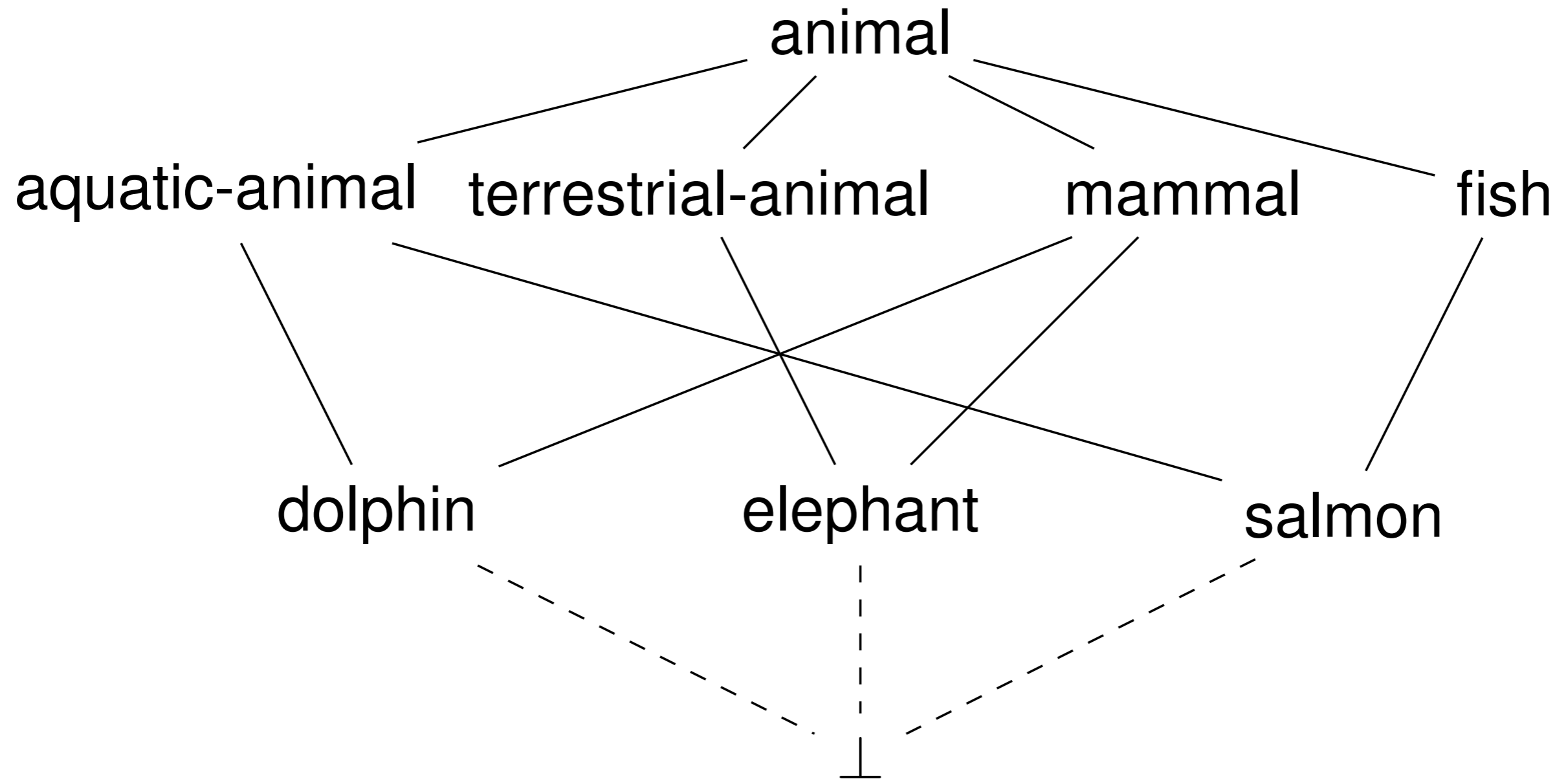
Vorschau: HPSG



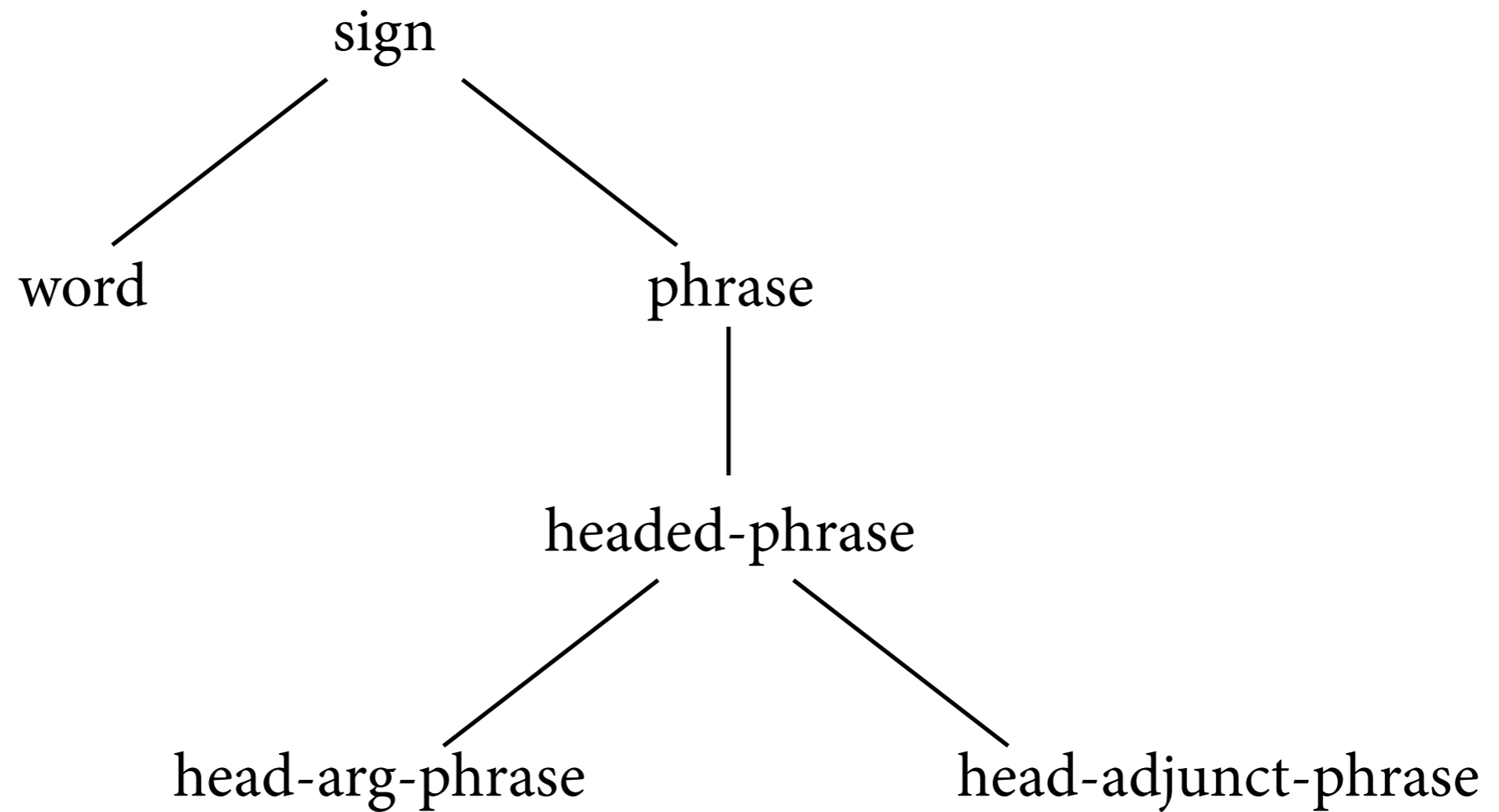
Grundprinzipien

- Grammatische Strukturen sind *getypte Merkmalsstrukturen* (typed feature structures, TFSs).
- Grammatik definiert phrasale Typen, die per *Typconstraints* sagen, wie sie aufgebaut sein können.
- Äußerst informative *lexikalische* Typen für die einzelnen Wörter. Dadurch hoher Grad an Lexikalisierung.
- “West Coast”-Linguistik; Pollard & Sag 1987, 1994.

Typhierarchien



Typhierarchien

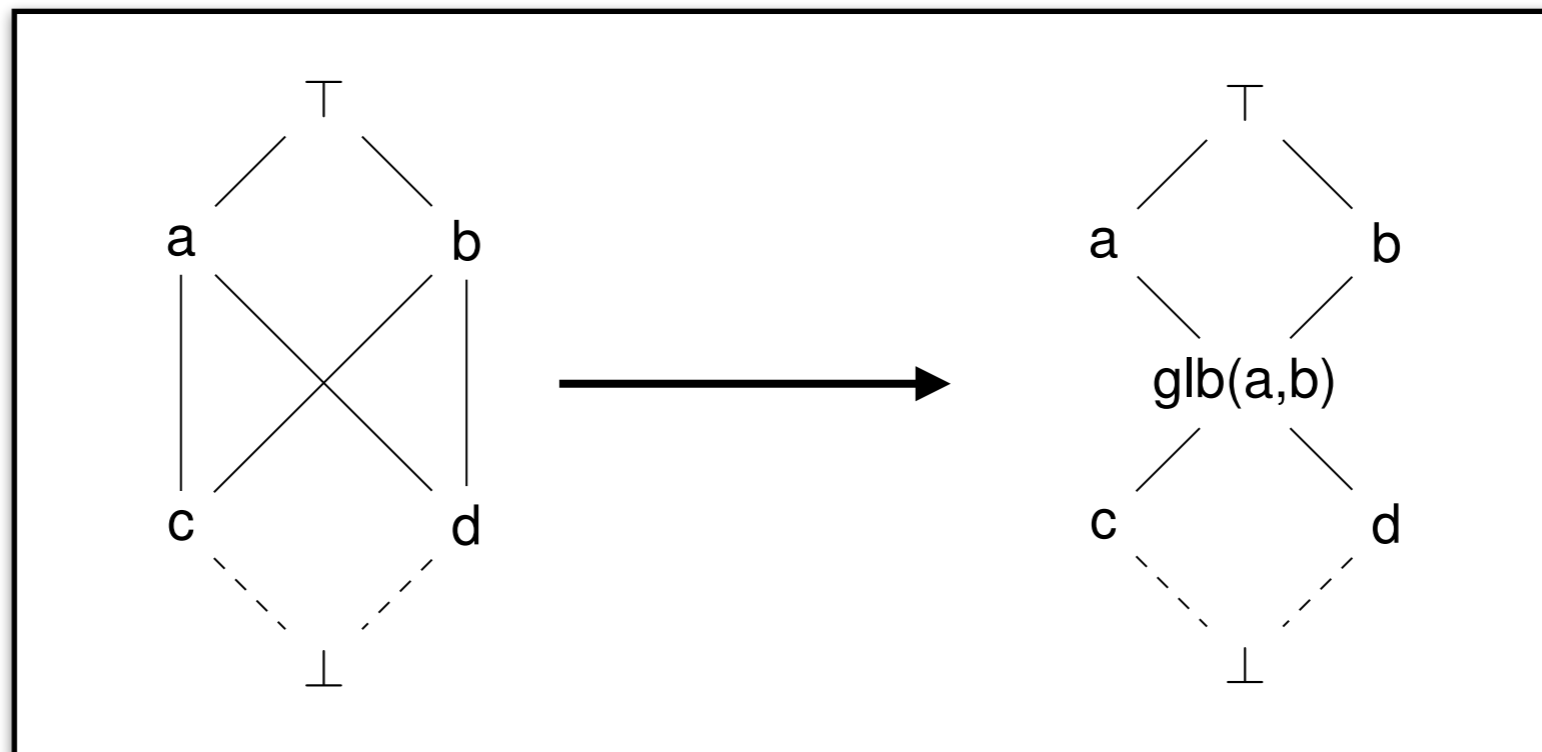


Typhierarchie

- Eine Typhierarchie $(\mathbf{Type}, \sqsubseteq)$ besteht aus:
 - ▶ einer endlichen Menge \mathbf{Type} von *Typen* $\sigma, \tau \dots$
 - ▶ einer partiellen Ordnung \sqsubseteq auf den Typen
- $\sigma \sqsubseteq \tau$ (“ σ *subsumiert* τ ”) bedeutet:
 σ ist allgemeinerer Typ als τ (weiter oben in Hierarchie).
 - ▶ Begriffe Subtyp, Supertyp
 - ▶ eindeutiger *allgemeinster* Typ \top (“top”), d.h. $\top \sqsubseteq \sigma$ für alle σ
 - ▶ spezielleste Typen (außer \perp) heißen *maximale Typen*.

Typverband

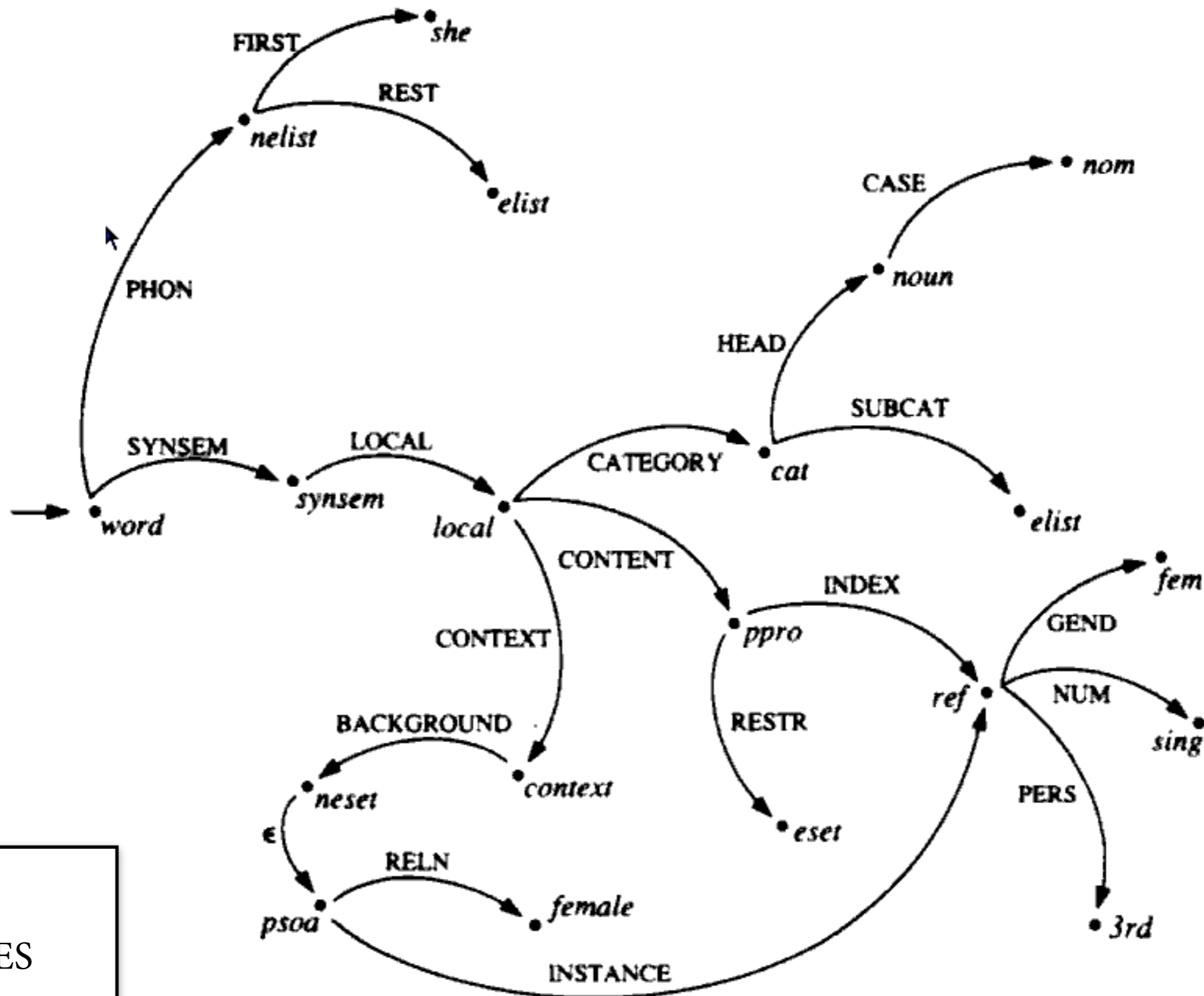
- Verband: Falls zwei Typen σ , τ einen gemeinsamen Supertyp (Subtyp) haben, dann haben sie auch einen *speziellsten (allgemeinsten)* gemeinsamen Supertyp (Subtyp).
- Kann jede Ordnung automatisch um Typen ergänzen, die einen Verband daraus machen.



Getypte Merkmalsstrukturen

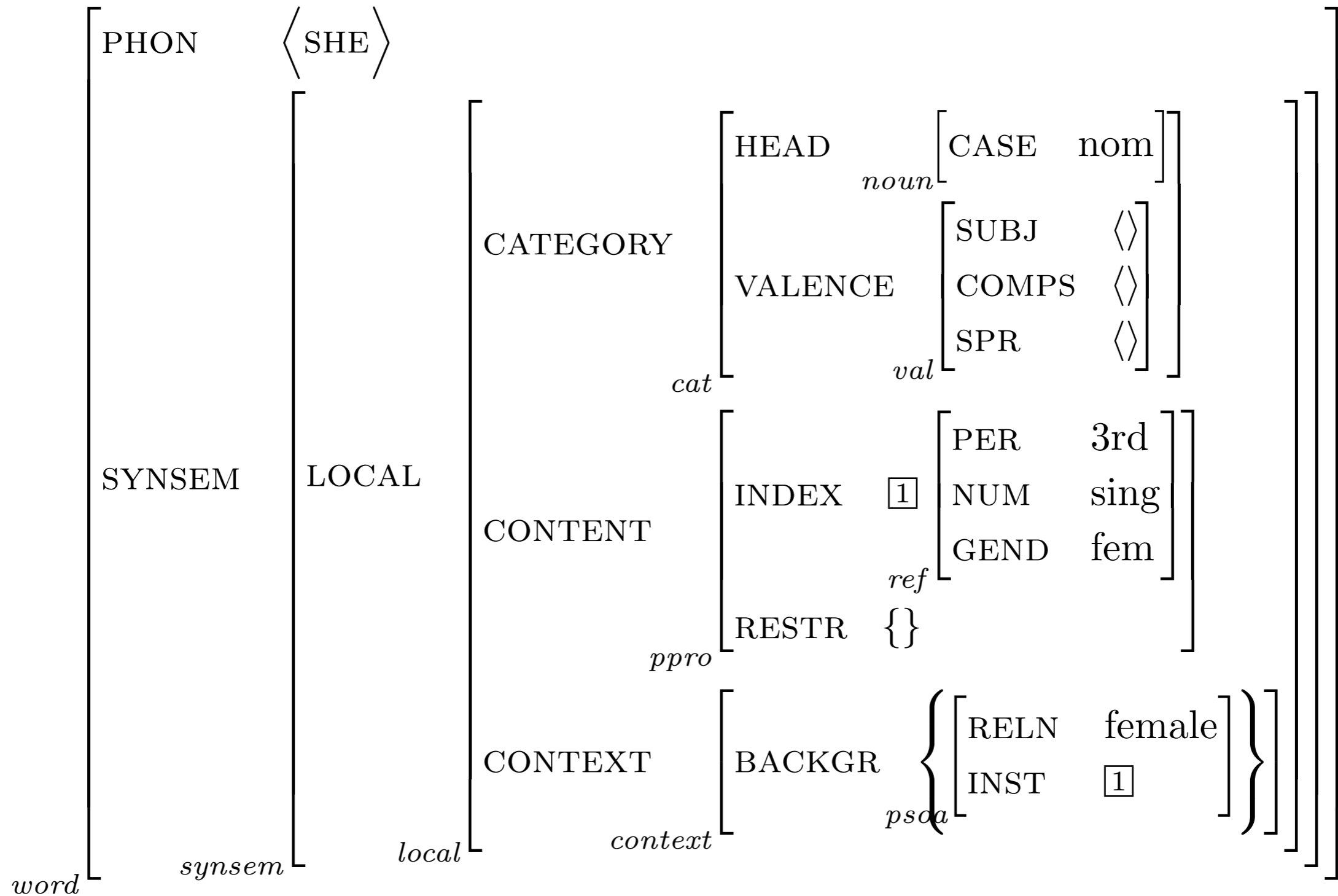
- Eine *getypte Merkmalsstruktur* (typed feature structure, TFS) über endlicher Menge **Feat** von Features und Typhierarchie (**Type**, \sqsubseteq) ist ein Tupel $F = (Q, r, \delta, \theta)$ bestehend aus
 - ▶ endlicher Menge Q von Knoten
 - ▶ $r \in Q$ Wurzelknoten der TFS
 - ▶ $\theta: Q \rightarrow \mathbf{Type}$ weist jedem Knoten einen Typen zu
 - ▶ $\delta: Q \times \mathbf{Feat} \rightarrow Q$ partielle Funktion von Features auf Werte
- Definiere für Featurepfad $\pi \in \mathbf{Feat}^*$:
 - ▶ $F(\pi) \in Q$ Knoten, den man durch wiederholte Anwendung von δ von r aus erreicht
 - ▶ $F \downarrow \pi$ die TFS mit Wurzelknoten $F(\pi)$.

TFS: Beispiel



Typen
FEATURES

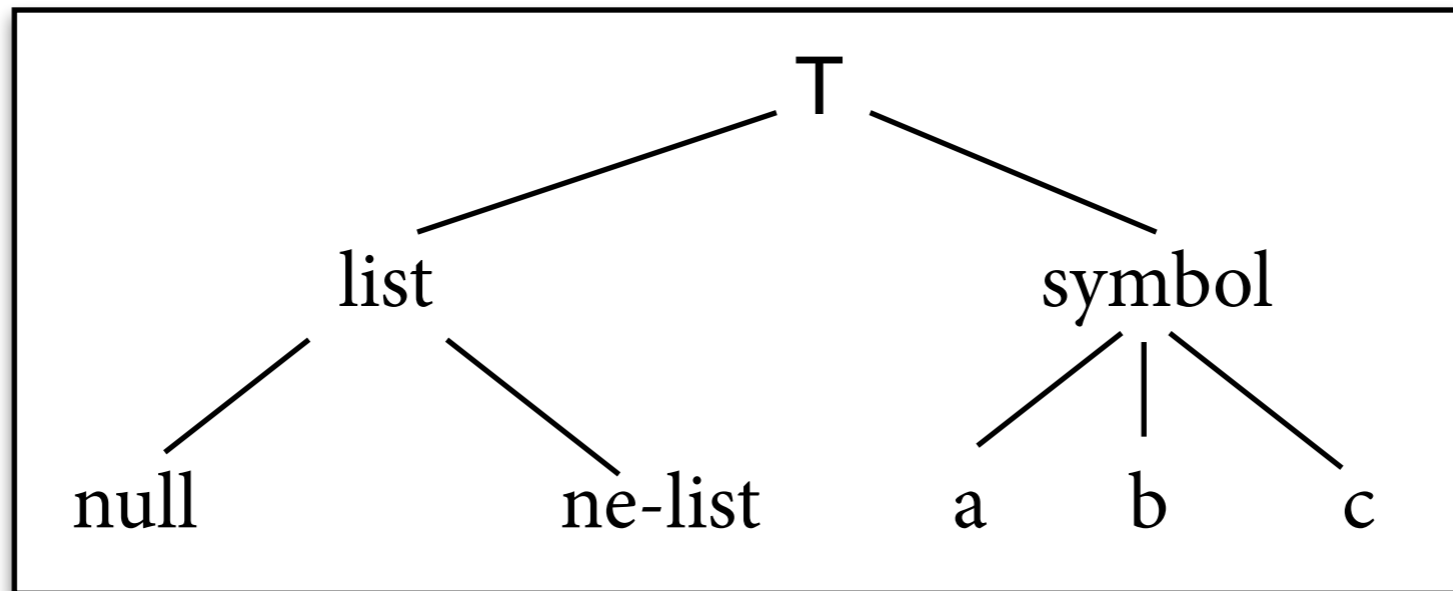
TFS als AVM notiert



Subsumption von TFS

- TFS F *subsumiert* TFS G ($F \sqsubseteq G$), wenn alle Informationen in F auch in G vorhanden sind:
 - ▶ Pfade: $F(\pi)$ definiert $\Rightarrow G(\pi)$ definiert
 - ▶ Reentrancy: $F(\pi) = F(\pi') \Rightarrow G(\pi) = G(\pi')$
 - ▶ Subtypen: $\theta_F(F(\pi)) \sqsubseteq \theta_G(G(\pi))$
- *Unifikation*: $F = F_1 \sqcup F_2$ ist FS (falls existiert), so dass
 - ▶ subsumiert beide: $F_1 \sqsubseteq F, F_2 \sqsubseteq F$
 - ▶ erfindet nichts dazu: für alle F' mit $F_1 \sqsubseteq F', F_2 \sqsubseteq F'$ gilt $F \sqsubseteq F'$.

Beispiel: Listen als TFS



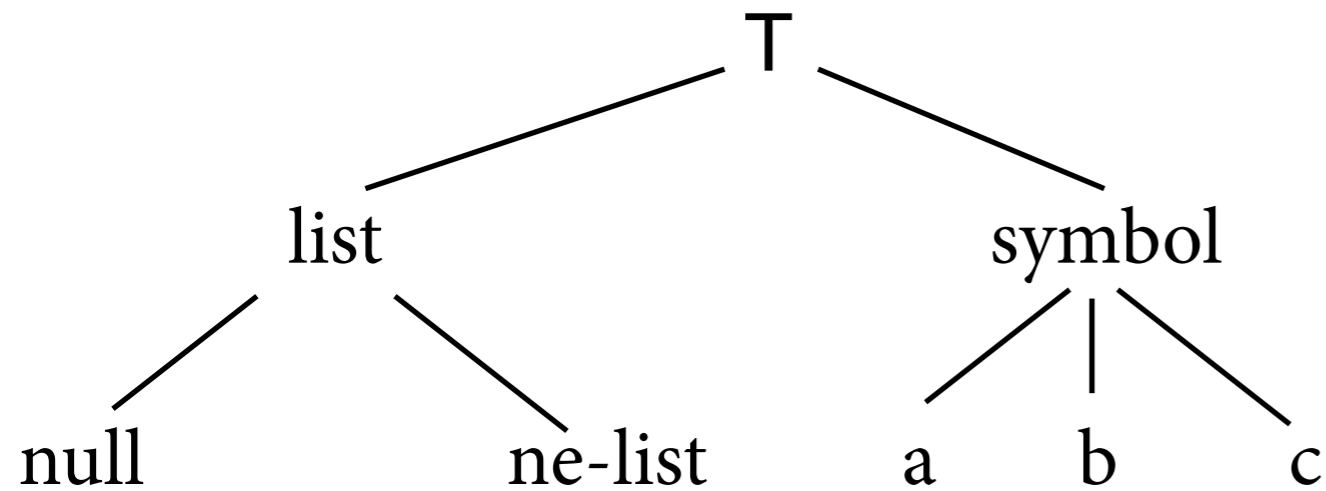
$$\text{ne-list} \left[\begin{array}{l} \text{FIRST} \quad \textit{symbol} \\ \text{REST} \quad \textit{list} \end{array} \right] \sqsubseteq \text{ne-list} \left[\begin{array}{l} \text{FIRST} \quad a \\ \text{REST} \quad \left[\begin{array}{l} \text{FIRST} \quad b \\ \text{REST} \quad \textit{null} \end{array} \right] \end{array} \right]$$

$$\text{ne-list} \left[\begin{array}{l} \text{FIRST} \quad \textit{symbol} \\ \text{REST} \quad \textit{list} \end{array} \right] \not\sqsubseteq \text{ne-list} \left[\begin{array}{l} \text{FIRST} \quad \textit{null} \\ \text{REST} \quad \textit{symbol} \end{array} \right] = \text{fail}$$

Typconstraints

- Definiere für jeden Typen *Typconstraints*:
 - ▶ $C(\sigma)$ ist eine TFS, deren Wurzel Typ σ hat.
 - ▶ Monotonie: $\sigma \sqsubseteq \tau \Rightarrow C(\sigma) \sqsubseteq C(\tau)$, d.h. Subtypen erben Constraints von Supertypen.
- TFS F heißt *wohlgeformt*, wenn für jeden Featurepfad π gilt: $C(\theta(F(\pi))) \sqsubseteq F \downarrow \pi$, d.h. FS an jedem Knoten erfüllt die Constraints seines Typen.
- TFS F heißt *sort-resolved*, wenn der Typ jedes Knotens ein maximaler Typ ist.

Typconstraints für Listen



Typconstraints C(ne-list):

$$ne-list \rightarrow ne-list \left[\begin{array}{l} \text{FIRST} \quad symbol \\ \text{REST} \quad list \end{array} \right]$$

nicht wohlgeformt

$$ne-list \left[\begin{array}{l} \text{FIRST} \quad null \\ \text{REST} \quad a \end{array} \right]$$

nicht wohlgeformt

$$ne-list \left[\begin{array}{l} \text{FIRST} \quad a \end{array} \right]$$

nicht sort-resolved

$$ne-list \left[\begin{array}{l} \text{FIRST} \quad a \\ \text{REST} \quad list \end{array} \right]$$

OK

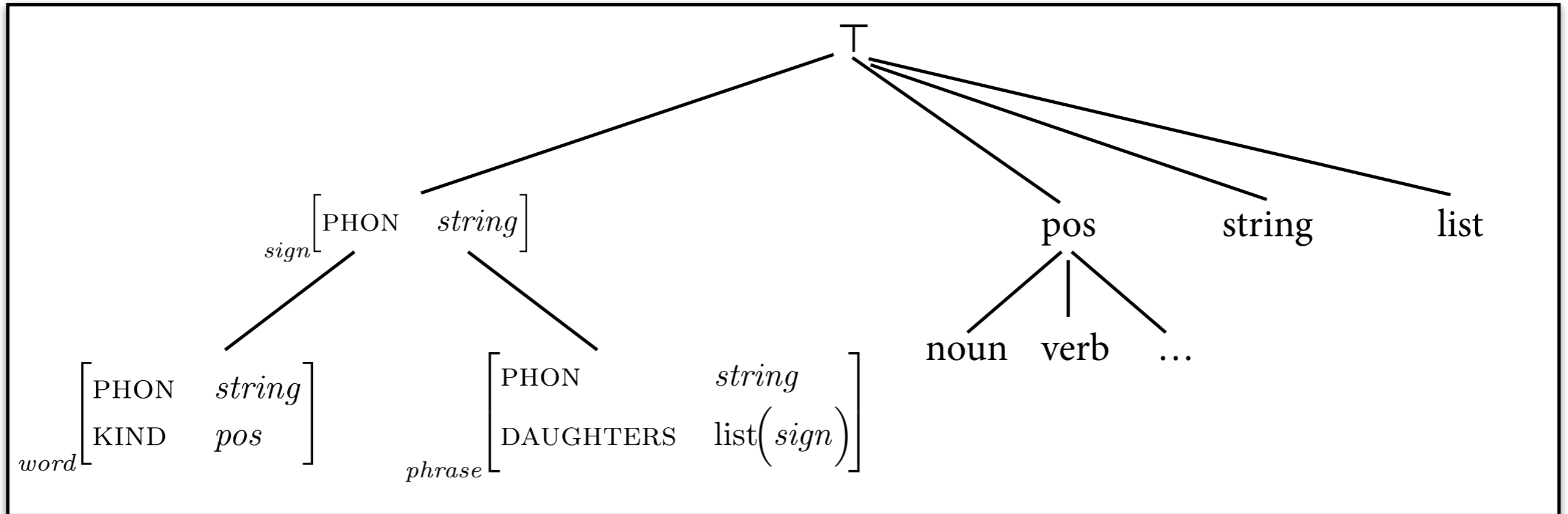
$$ne-list \left[\begin{array}{l} \text{FIRST} \quad a \\ \text{REST} \quad ne-list \left[\begin{array}{l} \text{FIRST} \quad b \\ \text{REST} \quad null \end{array} \right] \end{array} \right]$$

abgekürzt: <a,b>

Typhierarchie + Typconstraints = Signatur

Signatur für HPSG

Typhierarchie



Typconstraints

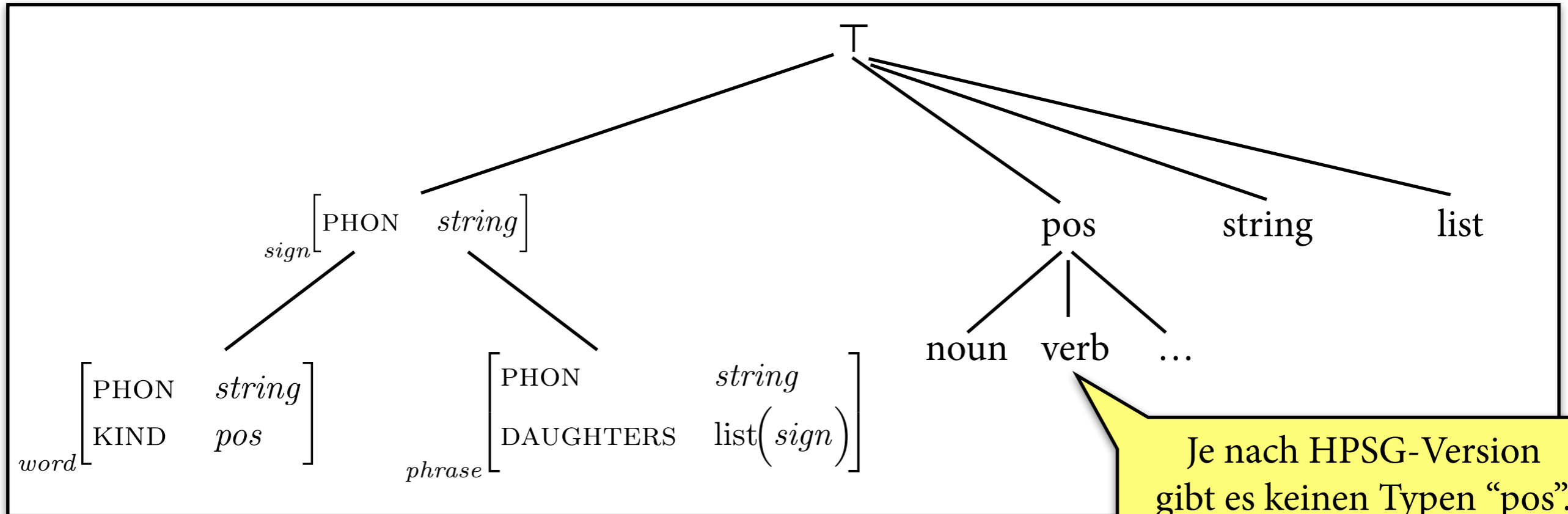
$sign \rightarrow [PHON \ string]$

$word \rightarrow [KIND \ pos]$

$phrase \rightarrow [DAUGHTERS \ list]$

Signatur für HPSG

Typhierarchie



Typconstraints

$sign \rightarrow [PHON \ string]$

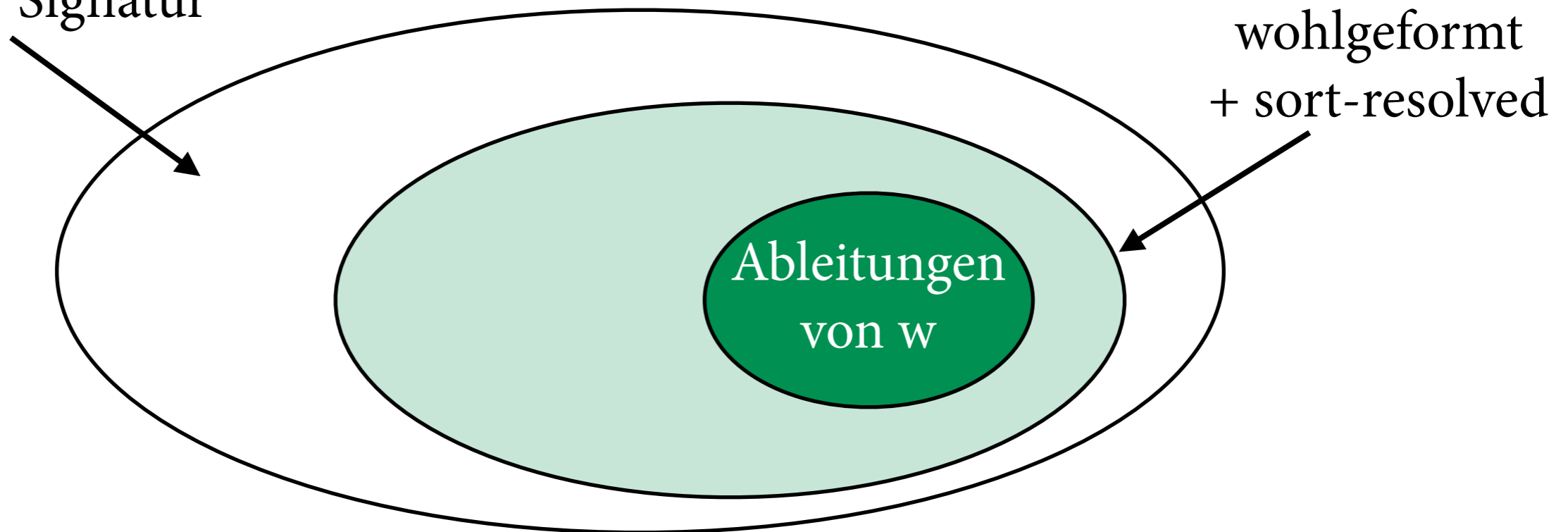
$word \rightarrow [KIND \ pos]$

$phrase \rightarrow [DAUGHTERS \ list]$

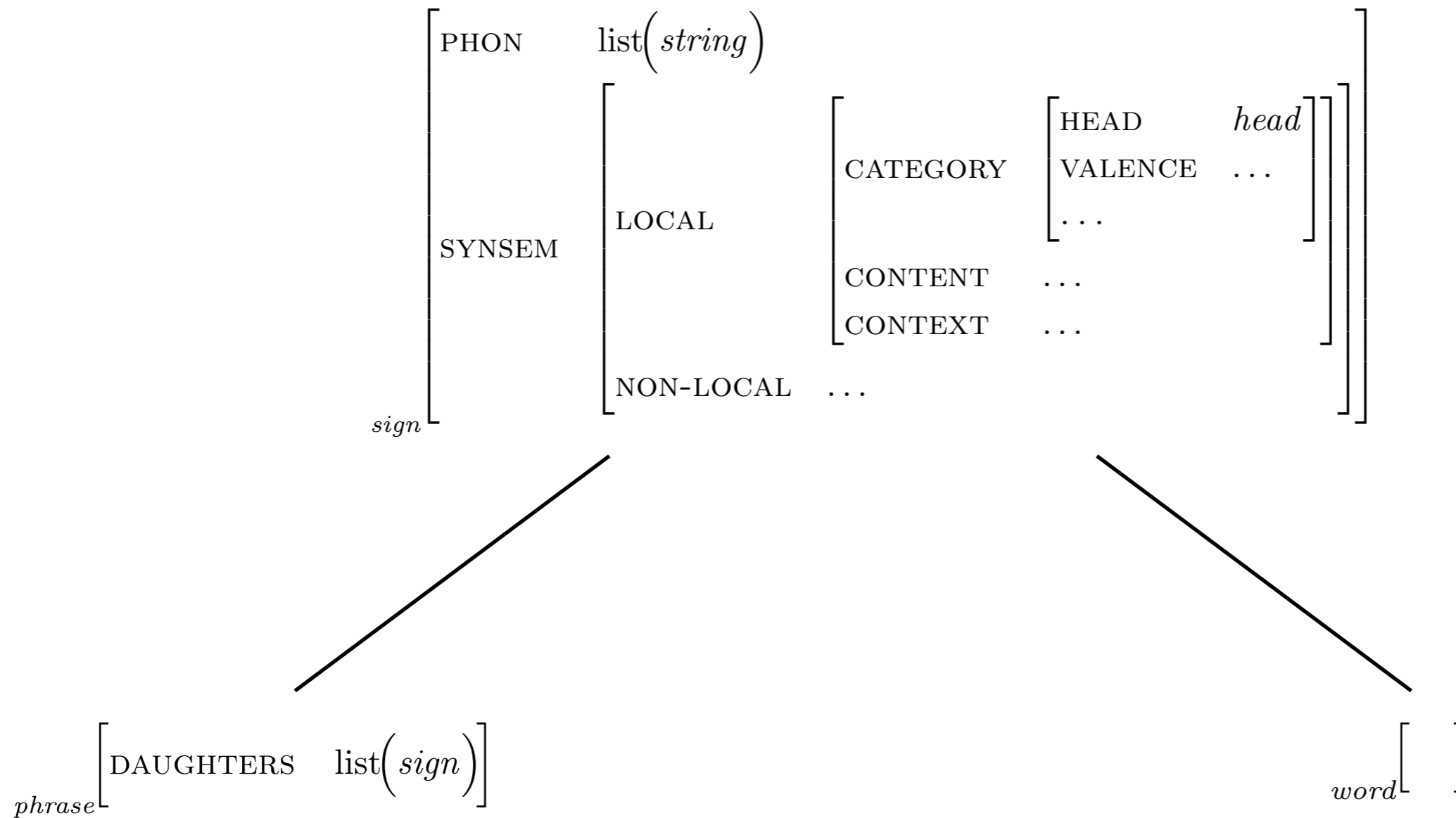
Grammatikalität

- Eine TFS F ist eine *Ableitung* des Strings w bezüglich einer Signatur und eines Lexikons, falls:
 - ▶ F ist wohlgeformt und sort-resolved
 - ▶ Typ der Wurzel ist Subtyp von *sign*, und Wert seines PHON-Features ist w .

alle TFS über Signatur

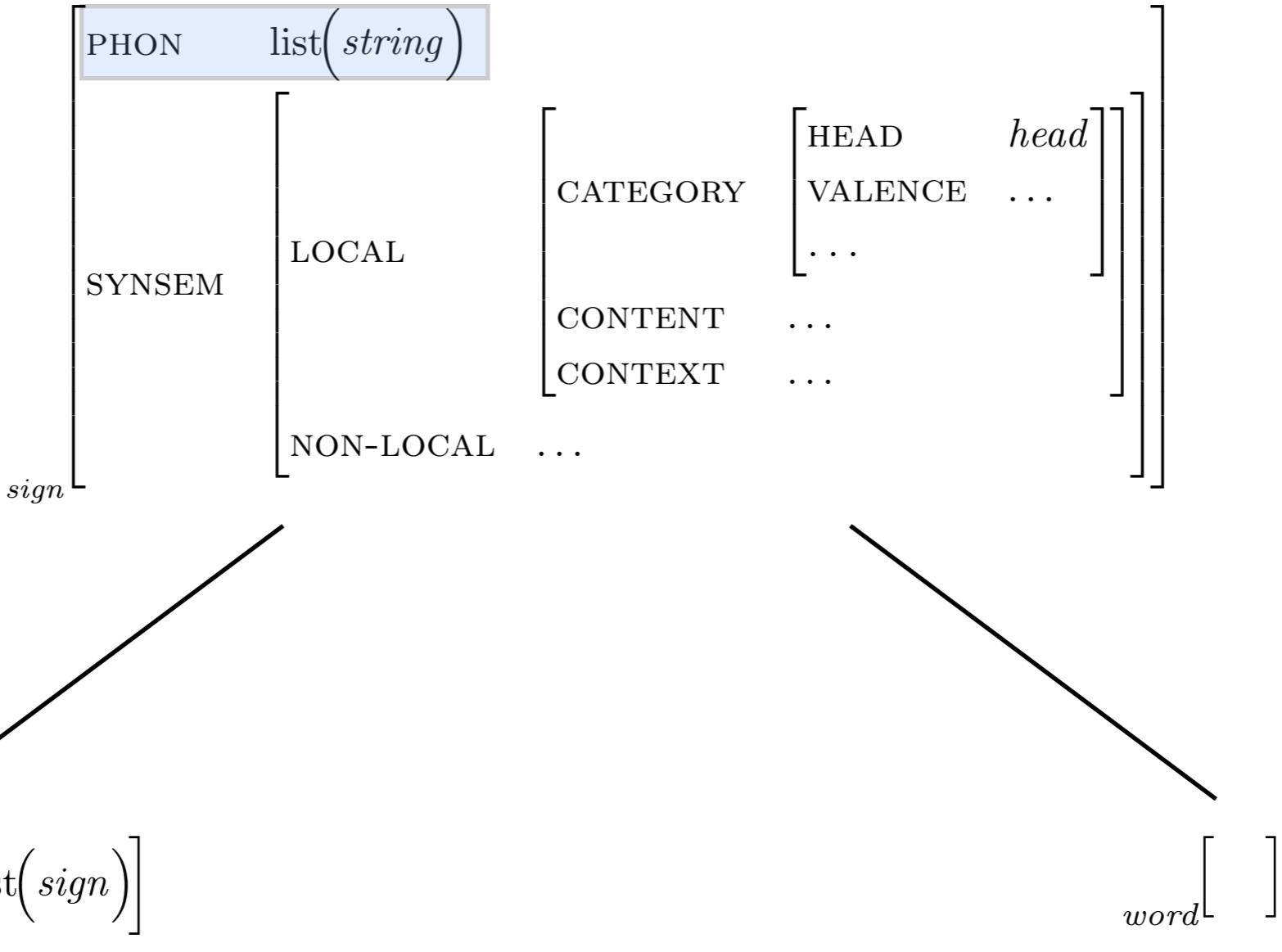


Struktur des Typs *sign*

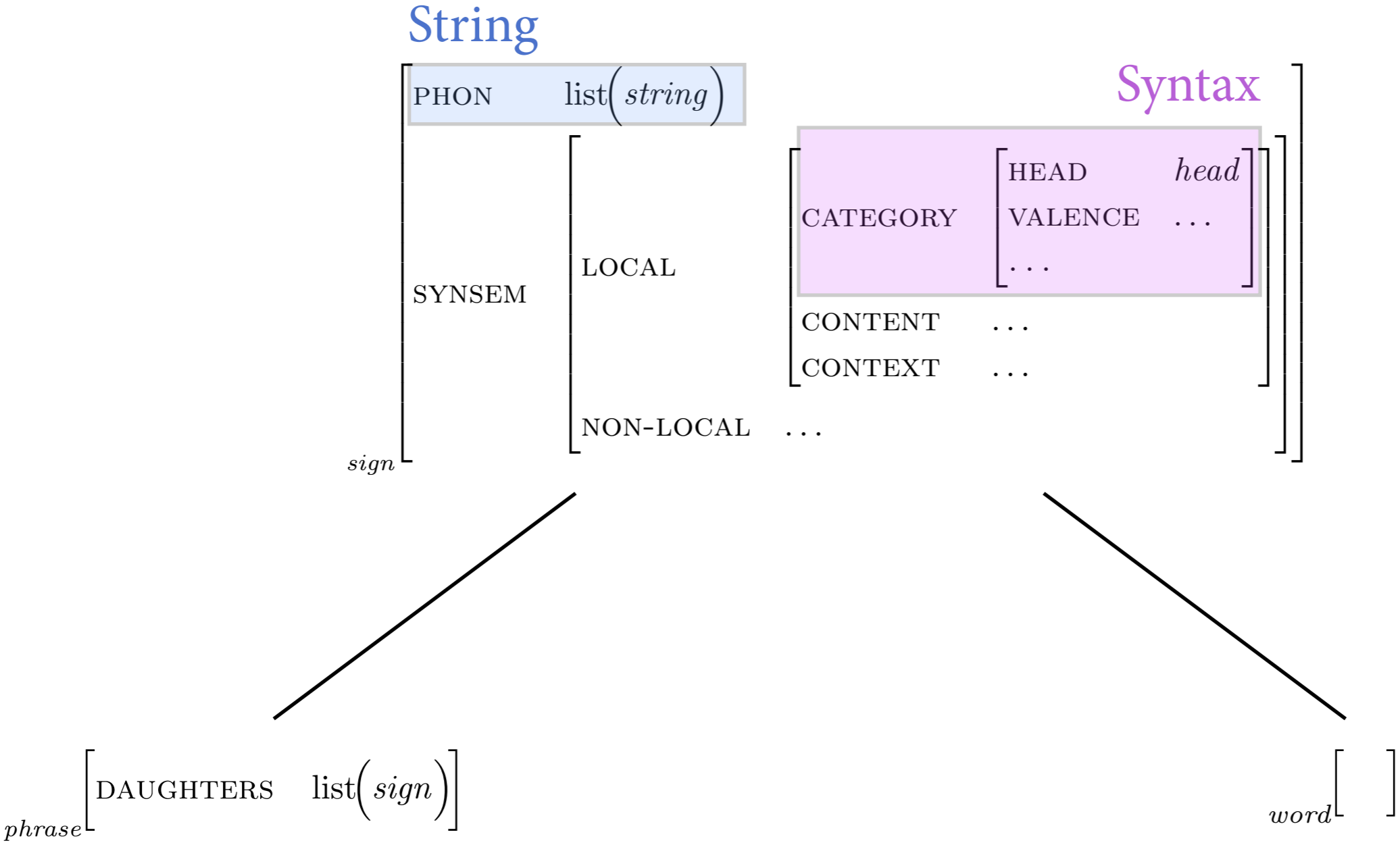


Struktur des Typs *sign*

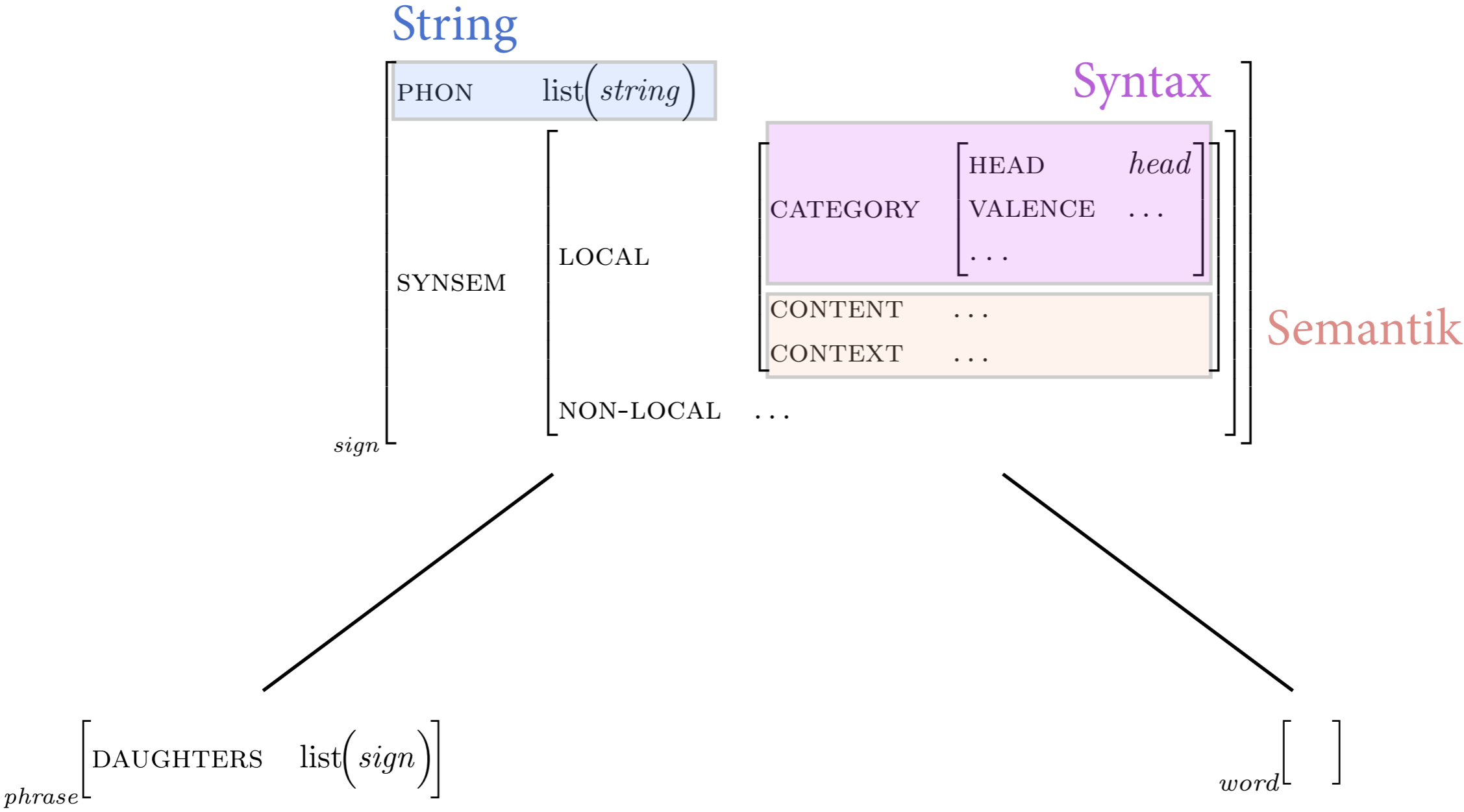
String



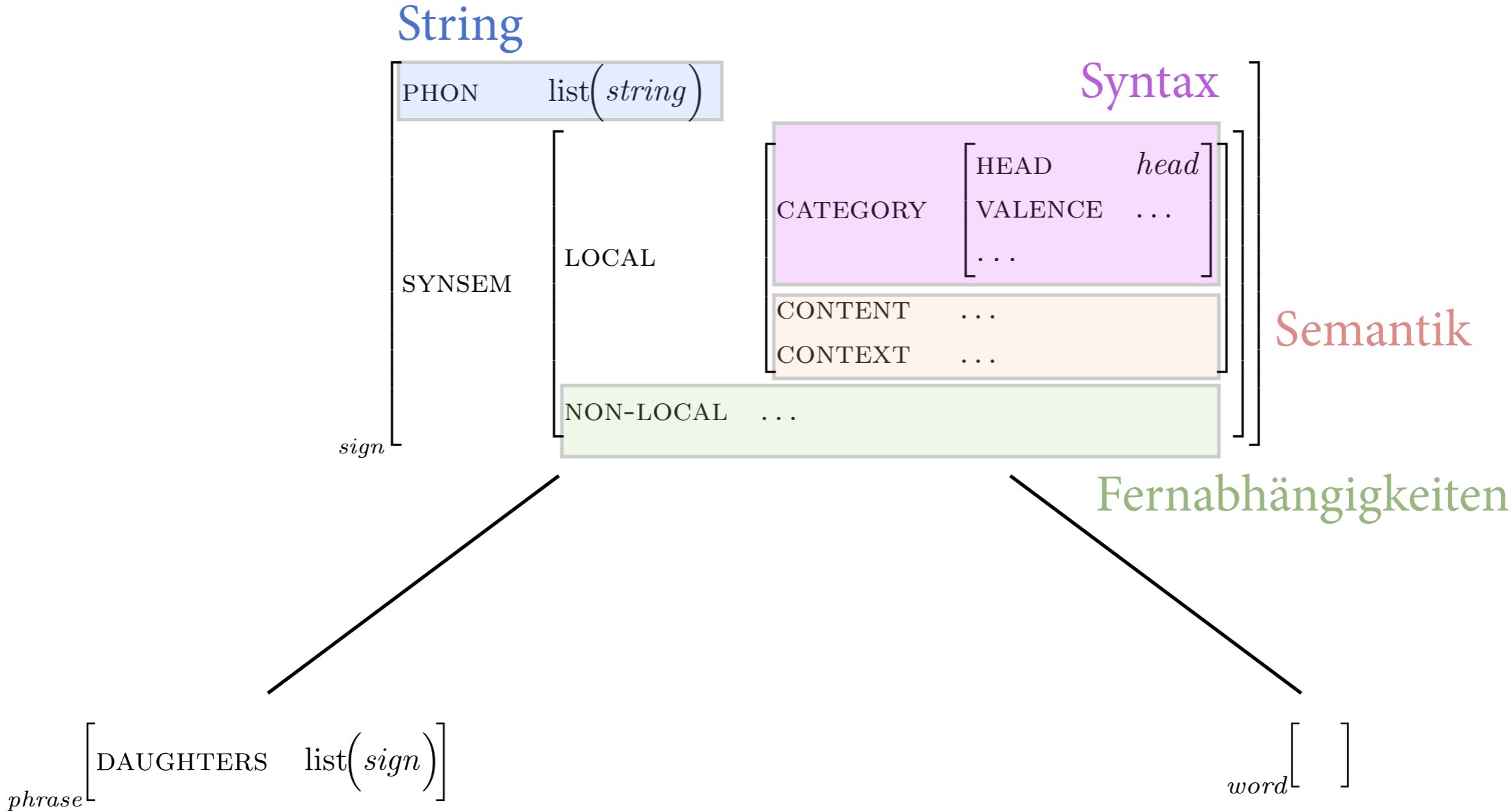
Struktur des Typs *sign*



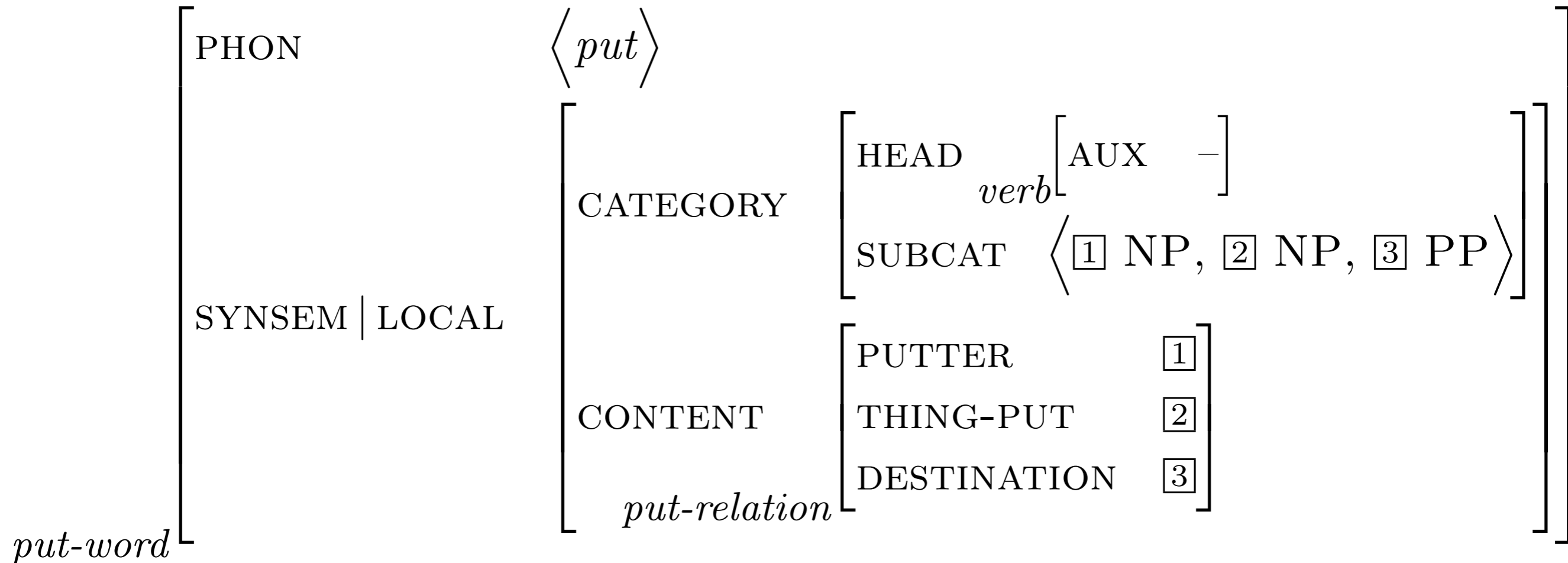
Struktur des Typs *sign*



Struktur des Typs *sign*



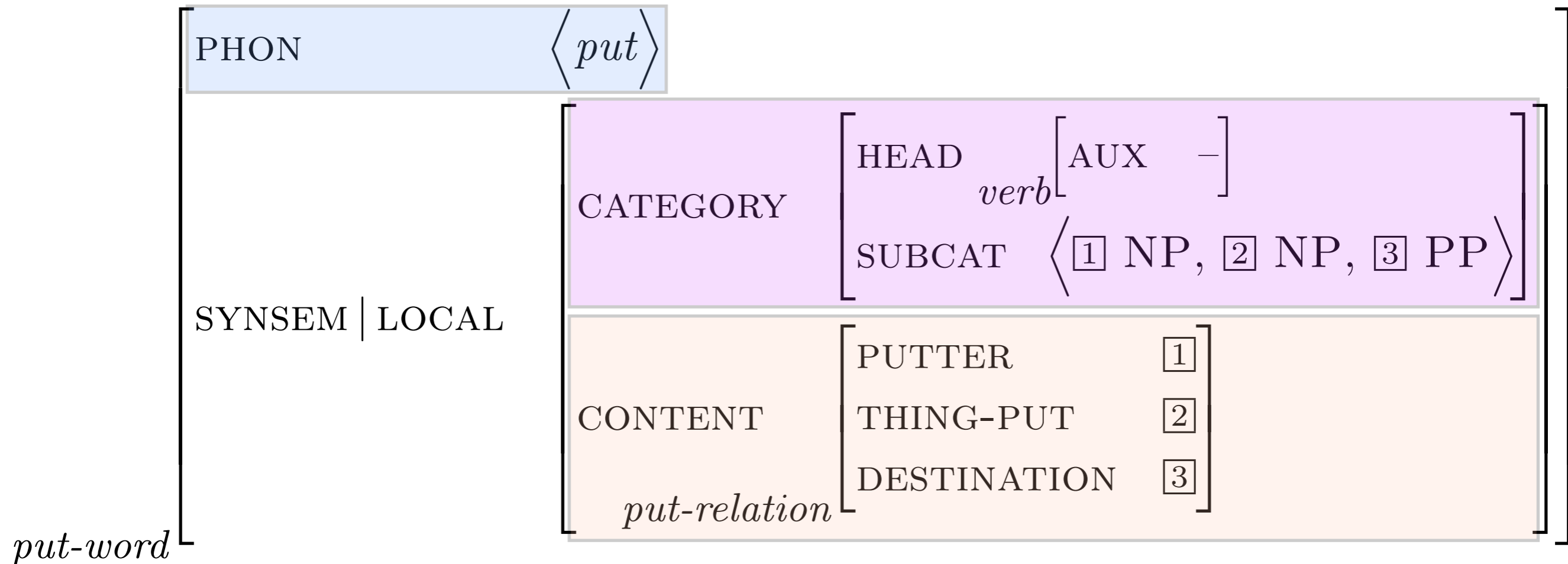
Beispiel für Lexikoneintrag



In Typhierarchie: $word \sqsubseteq put-word$.

Lexikon organisieren, indem man weitere Subtypen von *word* einführt (z.B. *v-word* und *tv-word*) und dann lexikalische Typen von diesen ableitet.

Beispiel für Lexikoneintrag

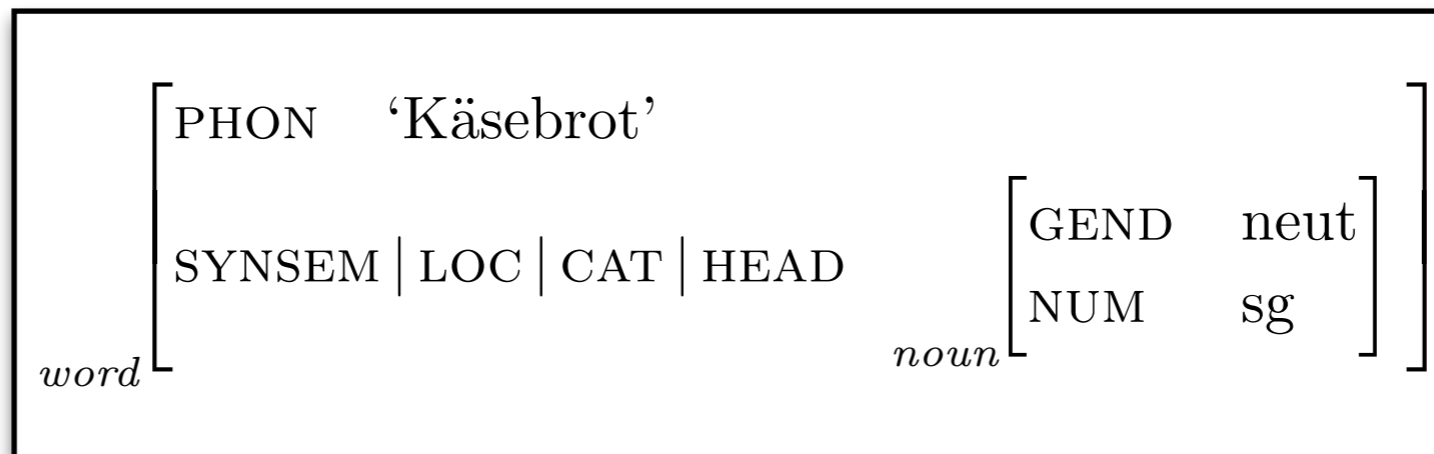


In Typhierarchie: $word \sqsubseteq put-word$.

Lexikon organisieren, indem man weitere Subtypen von *word* einführt (z.B. *v-word* und *tv-word*) und dann lexikalische Typen von diesen ableitet.

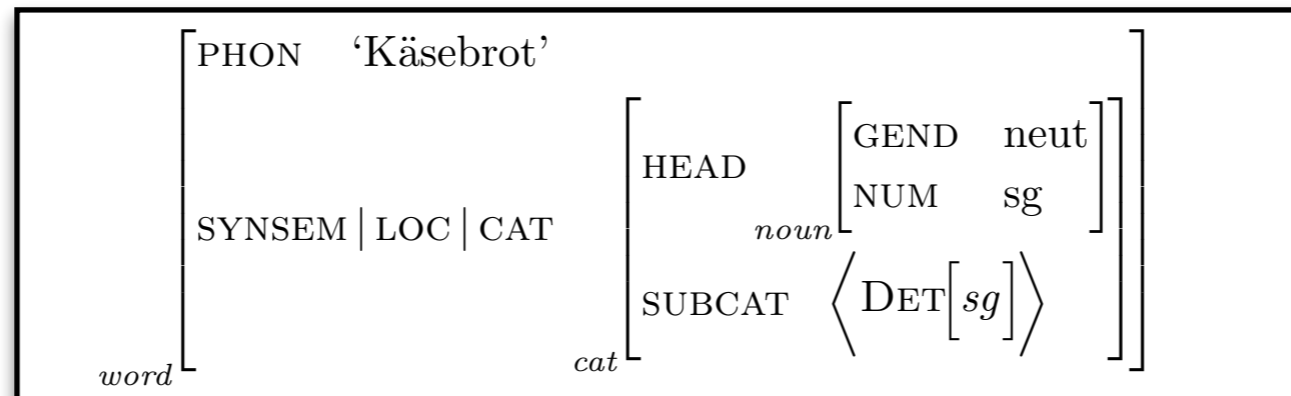
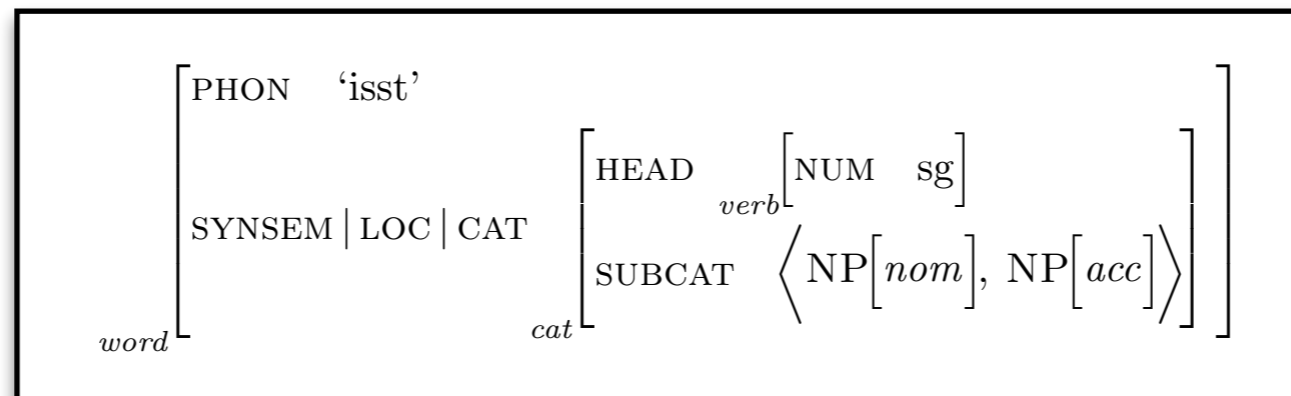
Syntaktische Kategorien

- Syntaktische Kategorie wird im HEAD-Feature eines Signs angegeben.
 - ▶ Typ des HEAD-Features ist *head*.
 - ▶ *noun*, *verb*, etc. sind Subtypen von *head* und dürfen wortart-spezifische Features definieren.



Valenz

- Jeder Lexikoneintrag gibt den *Subkategorisierungs-Rahmen* des Wortes an = Konstituenten, mit denen Wort sich verbinden muss, um vollständig zu sein.



NB: Subcat wird für verschiedene Sprachen verschieden modelliert. Ich folge hier Müllers Analyse von Deutsch; Englisch siehe Übung.

Subcat-Einträge

- SUBCAT enthält Liste von FSen von Typ *synsem*.

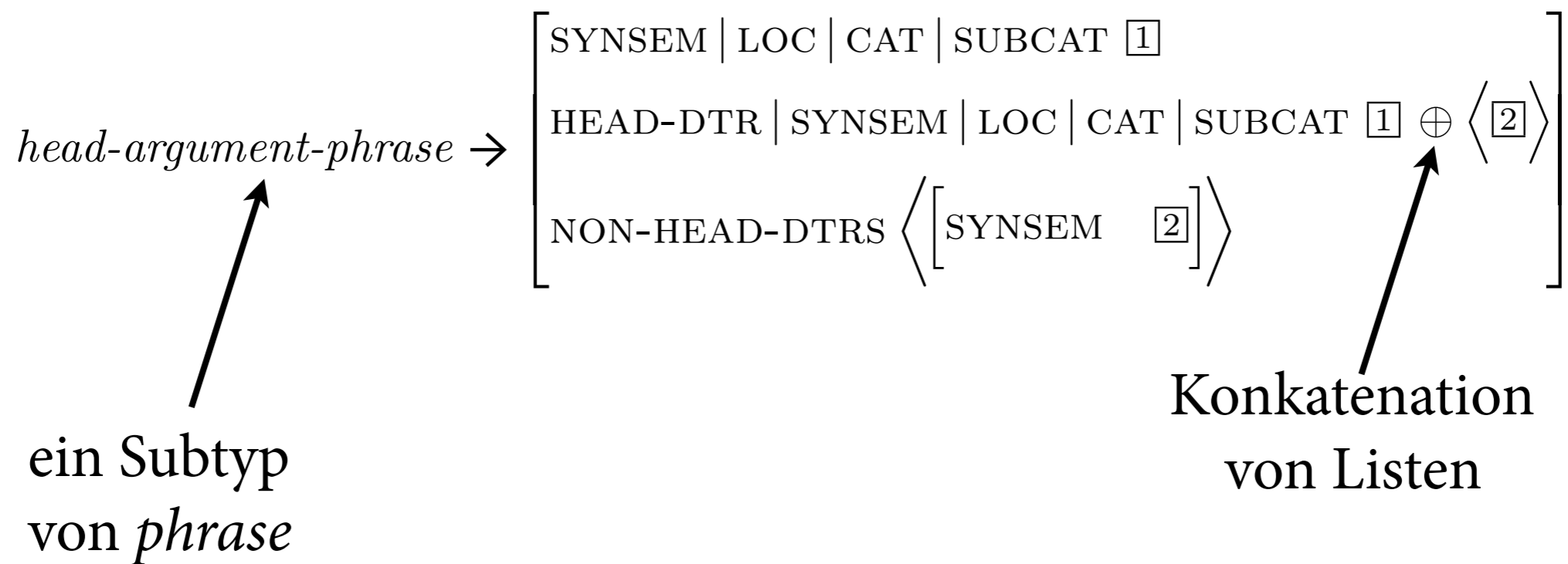
Wir kürzen ab:

$$\text{NP[nom]} = \underset{\text{synsem}}{\left[\text{LOC} \mid \text{CAT} \underset{\text{cat}}{\left[\text{HEAD} \underset{\text{noun}}{\left[\text{CASE} \text{ nom} \right]} \right]} \right]} \underset{\text{SUBCAT}}{\langle \rangle}$$

- NP bedeutet:
 - ▶ Kopf ist von Typ *noun*
 - ▶ Subcat-Liste ist leer, d.h. Phrase.
- Analog für Det[sg] etc.

Das Kopf-Argument-Schema

- Wichtigstes Schema: Kombination von Kopf mit Argument mit dem *Kopf-Argument-Schema*.



Kopf + Argument

$$\textit{head-arg-phr} \rightarrow \left[\begin{array}{l} \text{SYNSEM | LOC | CAT | SUBCAT } \boxed{1} \\ \text{HEAD-DTR | SYNSEM | LOC | CAT | SUBCAT } \boxed{1} \oplus \langle \boxed{2} \rangle \\ \text{NON-HEAD-DTRS } \langle \left[\text{SYNSEM } \boxed{2} \right] \rangle \end{array} \right]$$

Kopf + Argument

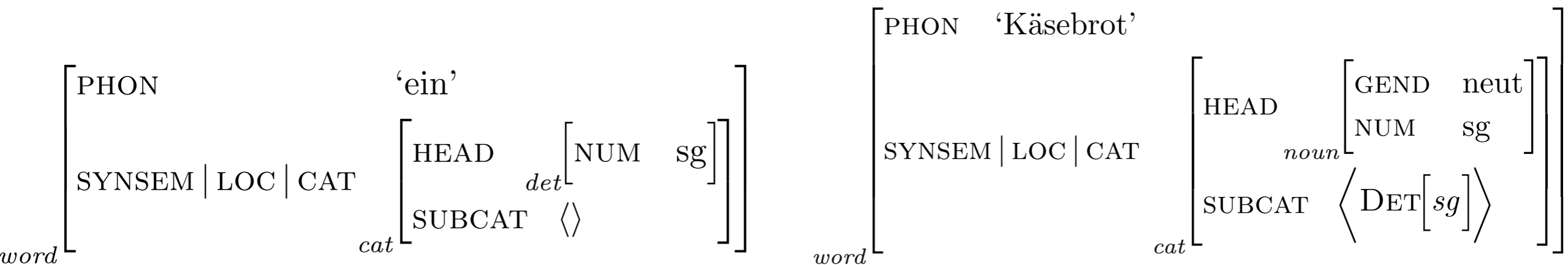
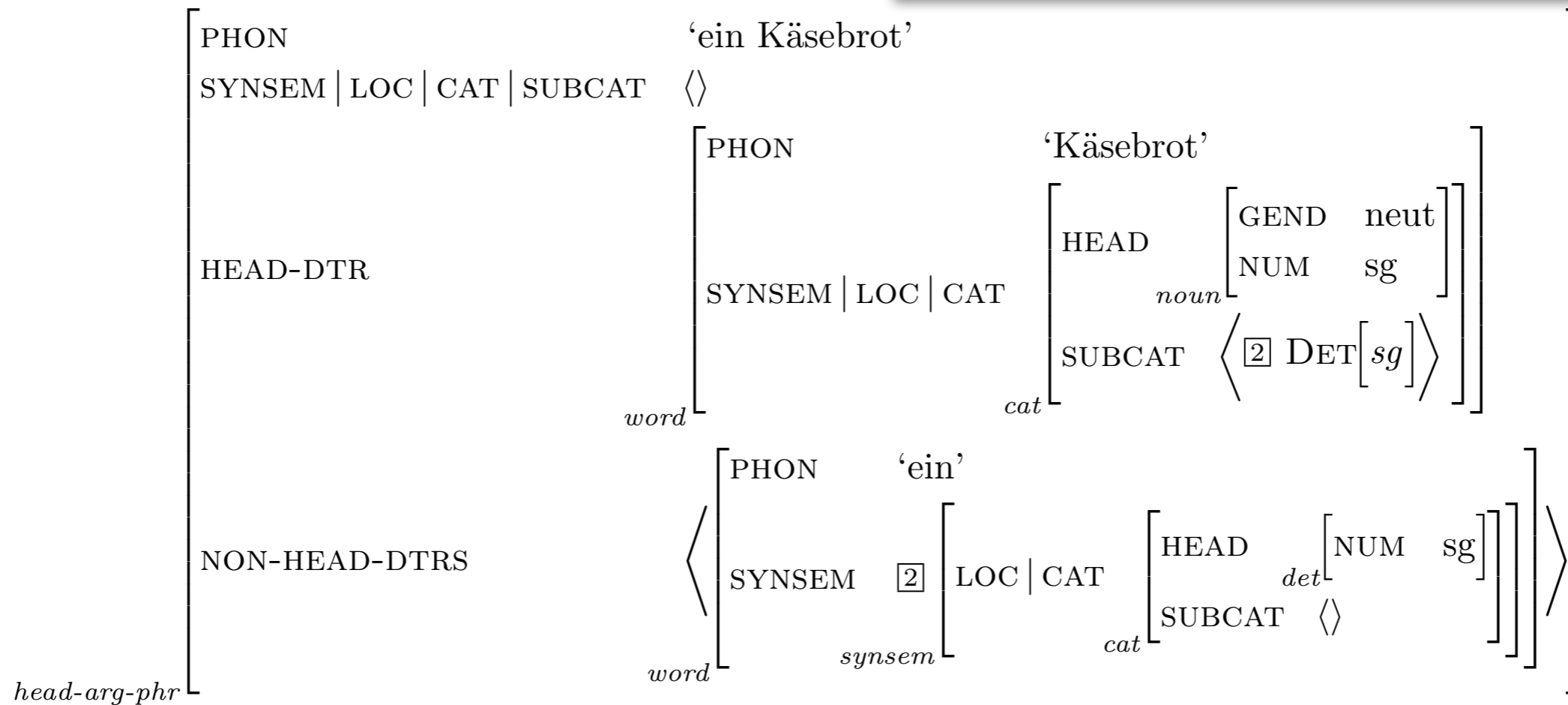
$$\text{head-arg-phr} \rightarrow \left[\begin{array}{l} \text{SYNSEM} \mid \text{LOC} \mid \text{CAT} \mid \text{SUBCAT} \boxed{1} \\ \text{HEAD-DTR} \mid \text{SYNSEM} \mid \text{LOC} \mid \text{CAT} \mid \text{SUBCAT} \boxed{1} \oplus \langle \boxed{2} \rangle \\ \text{NON-HEAD-DTRS} \left\langle \left[\text{SYNSEM} \quad \boxed{2} \right] \right\rangle \end{array} \right]$$

$$\text{word} \left[\begin{array}{l} \text{PHON} \\ \text{SYNSEM} \mid \text{LOC} \mid \text{CAT} \end{array} \right] \text{ 'ein' } \text{cat} \left[\begin{array}{l} \text{HEAD} \text{ det} \left[\text{NUM} \quad \text{sg} \right] \\ \text{SUBCAT} \langle \rangle \end{array} \right]$$

$$\text{word} \left[\begin{array}{l} \text{PHON} \quad \text{'Käsebro}' \\ \text{SYNSEM} \mid \text{LOC} \mid \text{CAT} \end{array} \right] \text{cat} \left[\begin{array}{l} \text{HEAD} \text{ noun} \left[\begin{array}{l} \text{GEND} \quad \text{neut} \\ \text{NUM} \quad \text{sg} \end{array} \right] \\ \text{SUBCAT} \left\langle \text{DET} \left[\text{sg} \right] \right\rangle \end{array} \right]$$

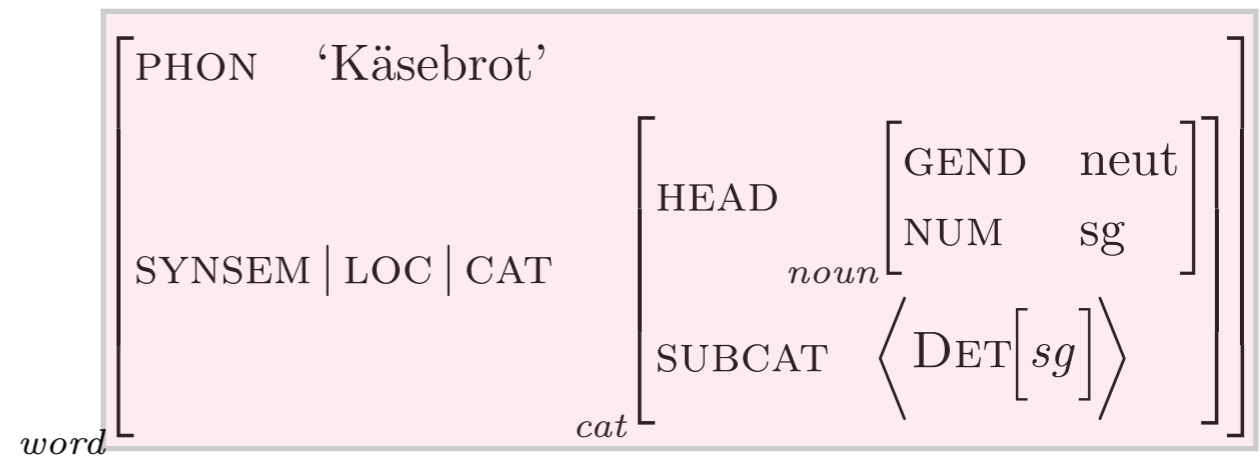
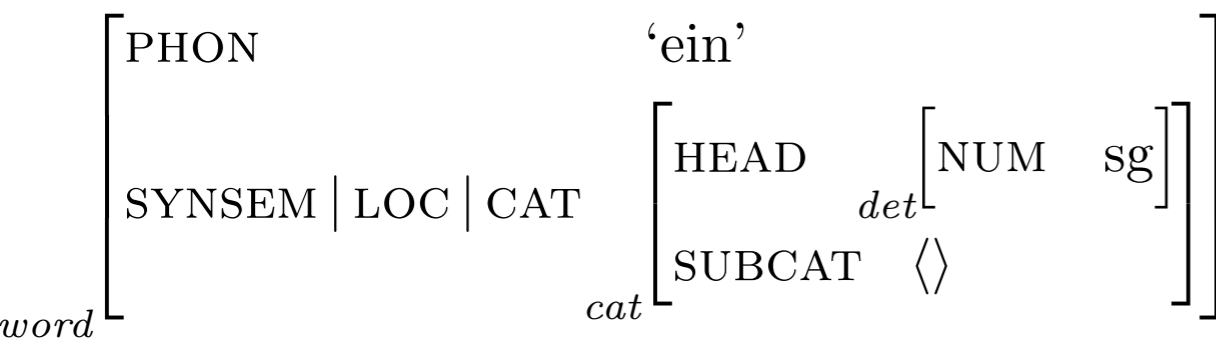
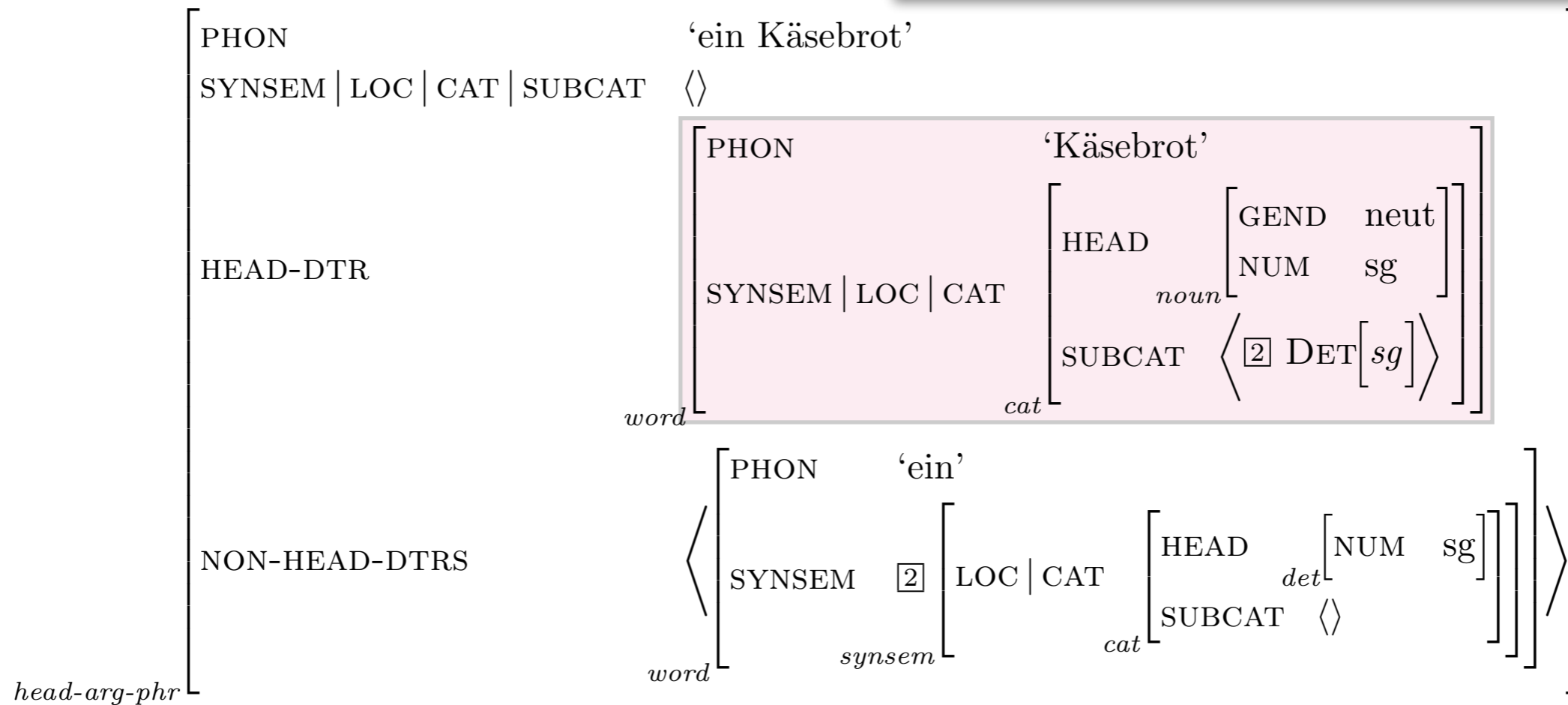
Kopf + Argument

$$\text{head-arg-phr} \rightarrow \left[\begin{array}{l} \text{SYNSEM} \mid \text{LOC} \mid \text{CAT} \mid \text{SUBCAT} \boxed{1} \\ \text{HEAD-DTR} \mid \text{SYNSEM} \mid \text{LOC} \mid \text{CAT} \mid \text{SUBCAT} \boxed{1} \oplus \langle \boxed{2} \rangle \\ \text{NON-HEAD-DTRS} \langle \left[\text{SYNSEM} \quad \boxed{2} \right] \rangle \end{array} \right]$$



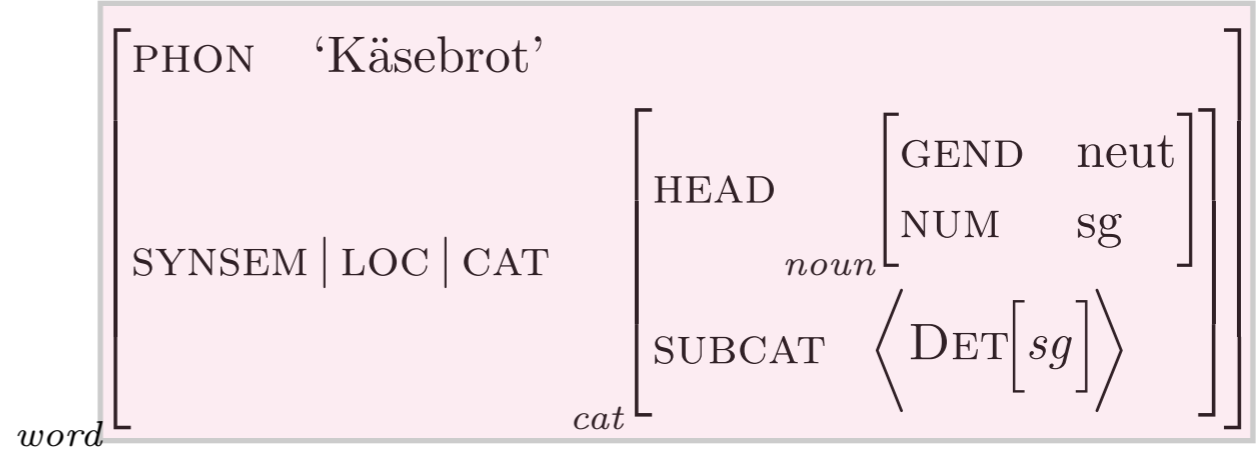
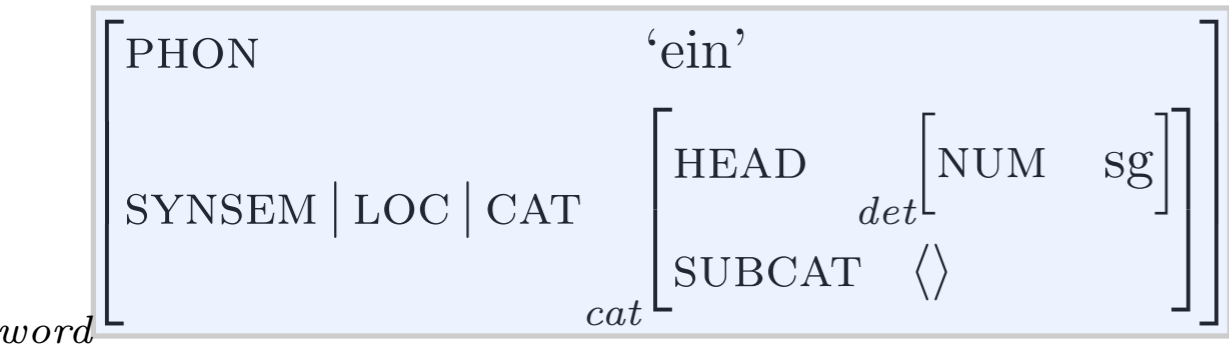
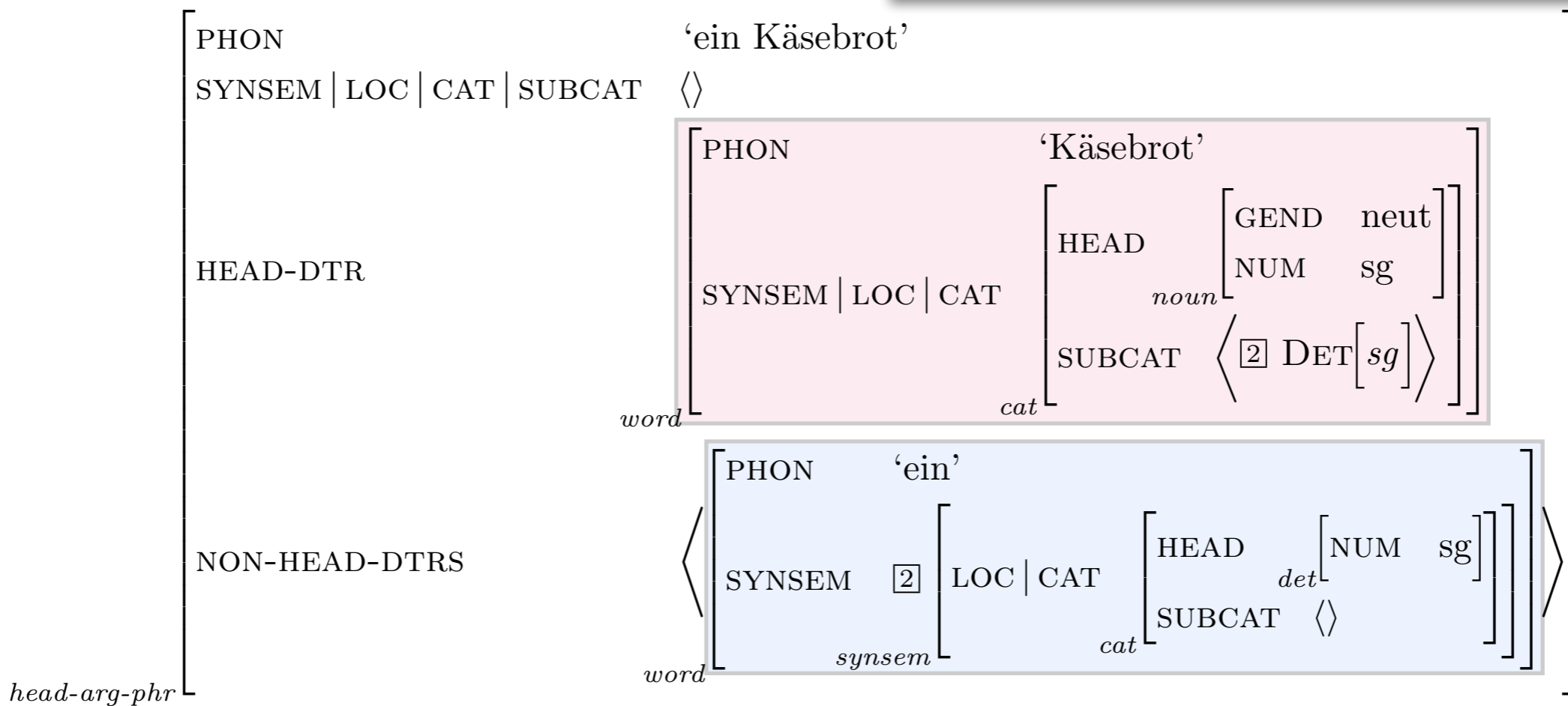
Kopf + Argument

$$head-arg-phr \rightarrow \left[\begin{array}{l} SYNSEM | LOC | CAT | SUBCAT \boxed{1} \\ HEAD-DTR | SYNSEM | LOC | CAT | SUBCAT \boxed{1} \oplus \langle \boxed{2} \rangle \\ NON-HEAD-DTRS \langle [SYNSEM \boxed{2}] \rangle \end{array} \right]$$



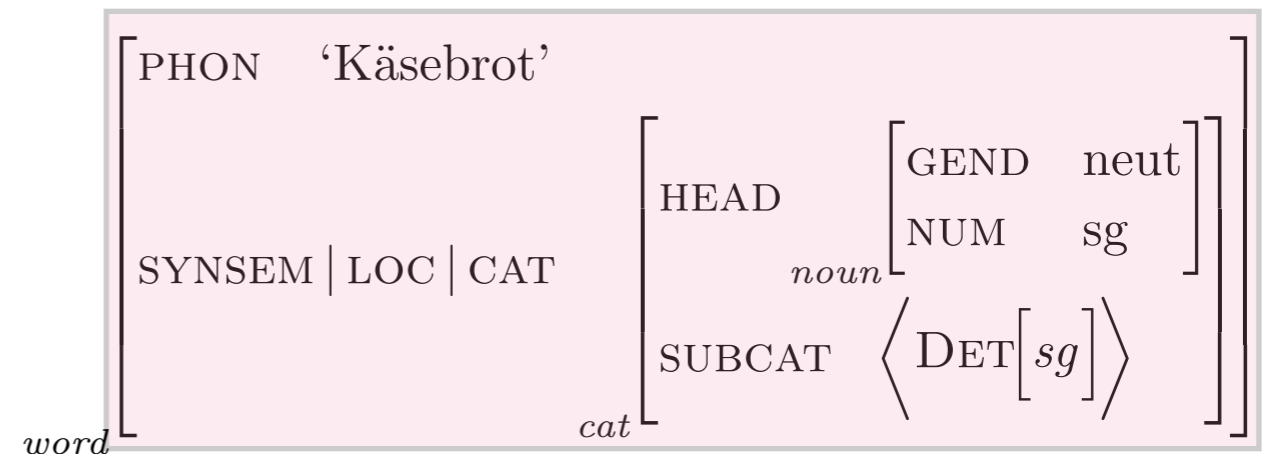
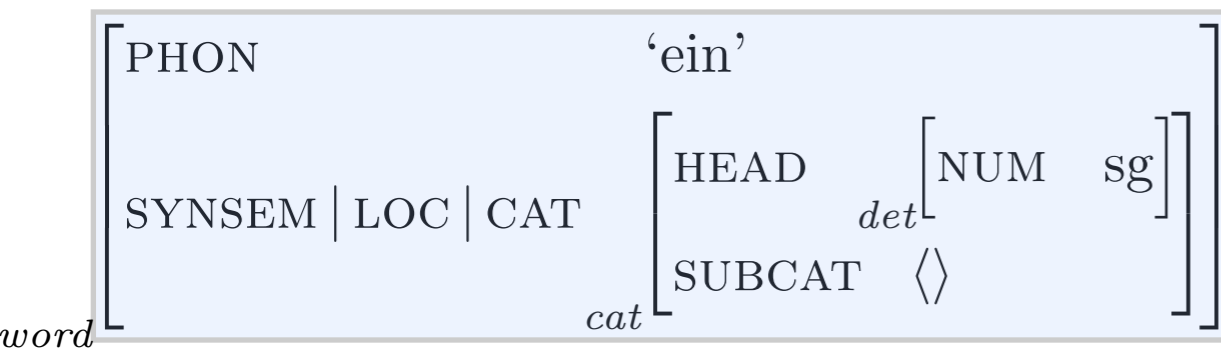
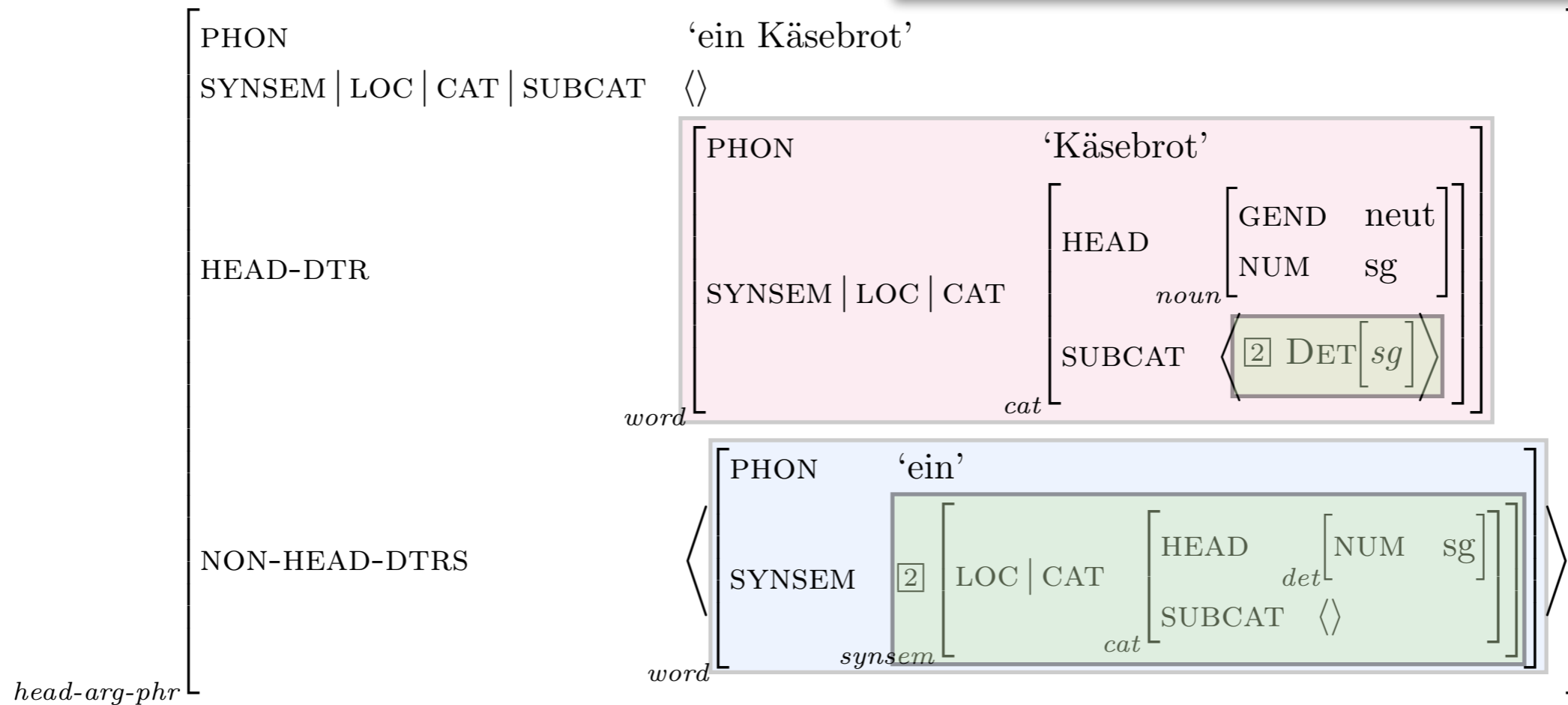
Kopf + Argument

$$head-arg-phr \rightarrow \left[\begin{array}{l} SYNSEM | LOC | CAT | SUBCAT \boxed{1} \\ HEAD-DTR | SYNSEM | LOC | CAT | SUBCAT \boxed{1} \oplus \langle \boxed{2} \rangle \\ NON-HEAD-DTRS \langle [SYNSEM \boxed{2}] \rangle \end{array} \right]$$



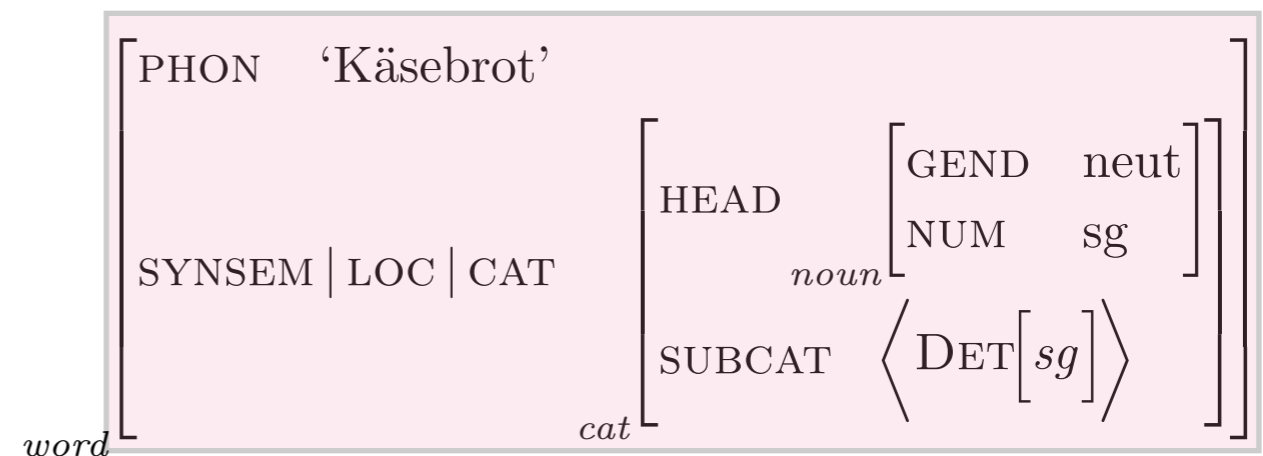
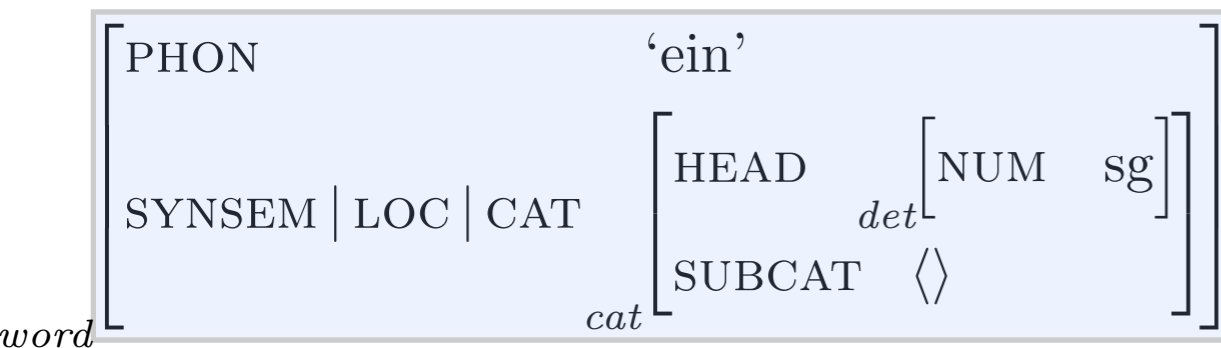
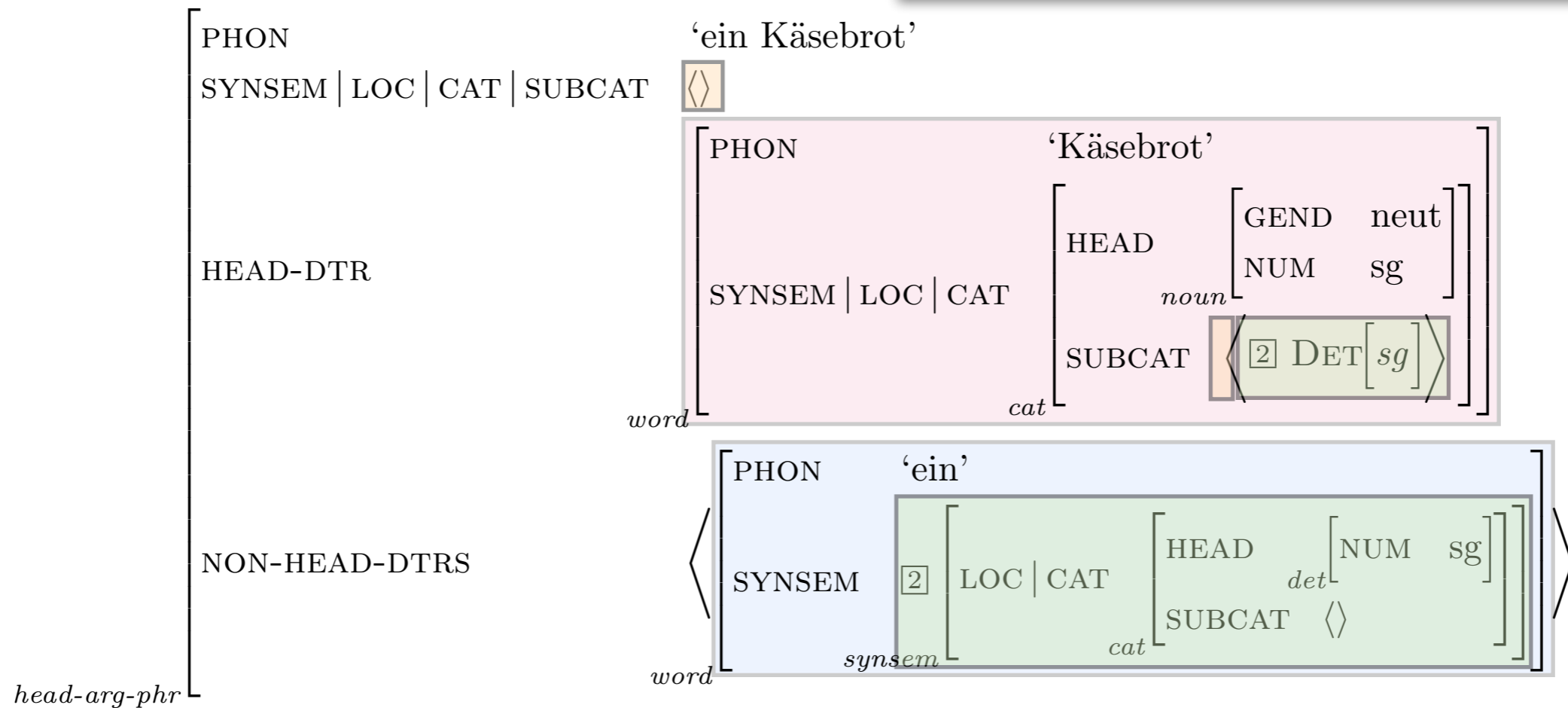
Kopf + Argument

$$head-arg-phr \rightarrow \left[\begin{array}{l} SYNSEM | LOC | CAT | SUBCAT \boxed{1} \\ HEAD-DTR | SYNSEM | LOC | CAT | SUBCAT \boxed{1} \oplus \langle \boxed{2} \rangle \\ NON-HEAD-DTRS \langle [SYNSEM \boxed{2}] \rangle \end{array} \right]$$



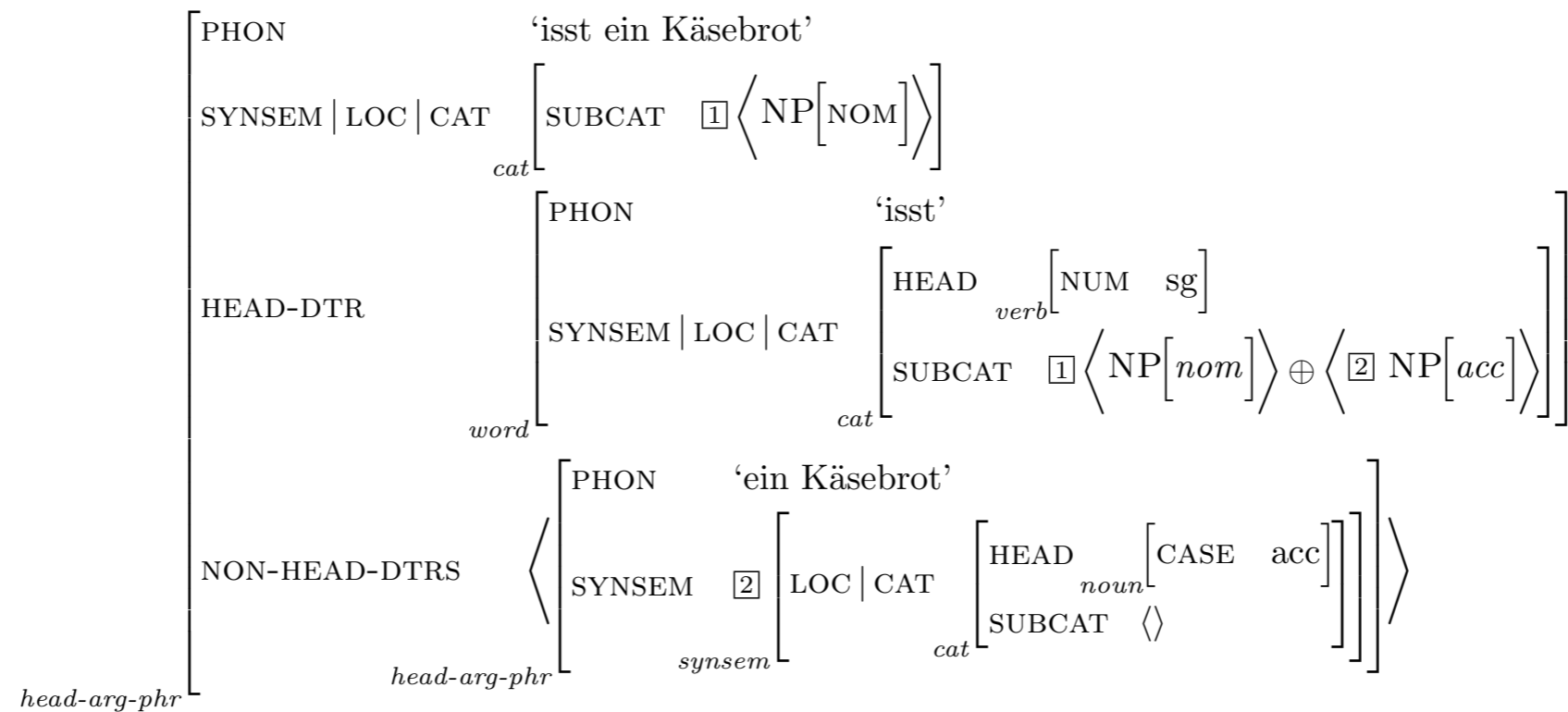
Kopf + Argument

$$head-arg-phr \rightarrow \left[\begin{array}{l} SYNSEM | LOC | CAT | SUBCAT \boxed{1} \\ HEAD-DTR | SYNSEM | LOC | CAT | SUBCAT \boxed{1} \oplus \langle \boxed{2} \rangle \\ NON-HEAD-DTRS \langle [SYNSEM \boxed{2}] \rangle \end{array} \right]$$



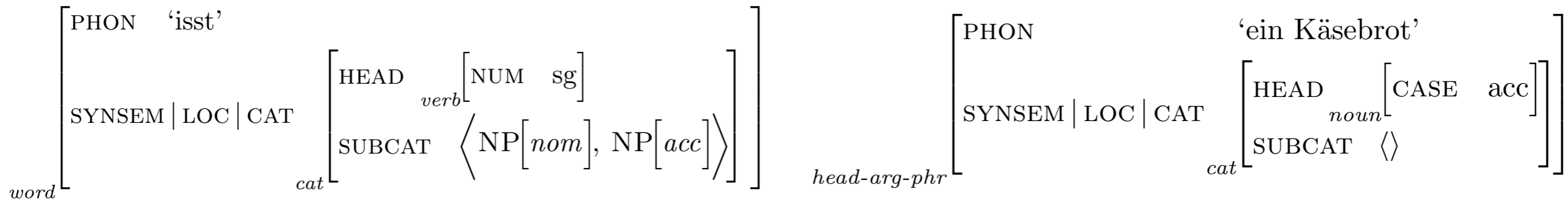
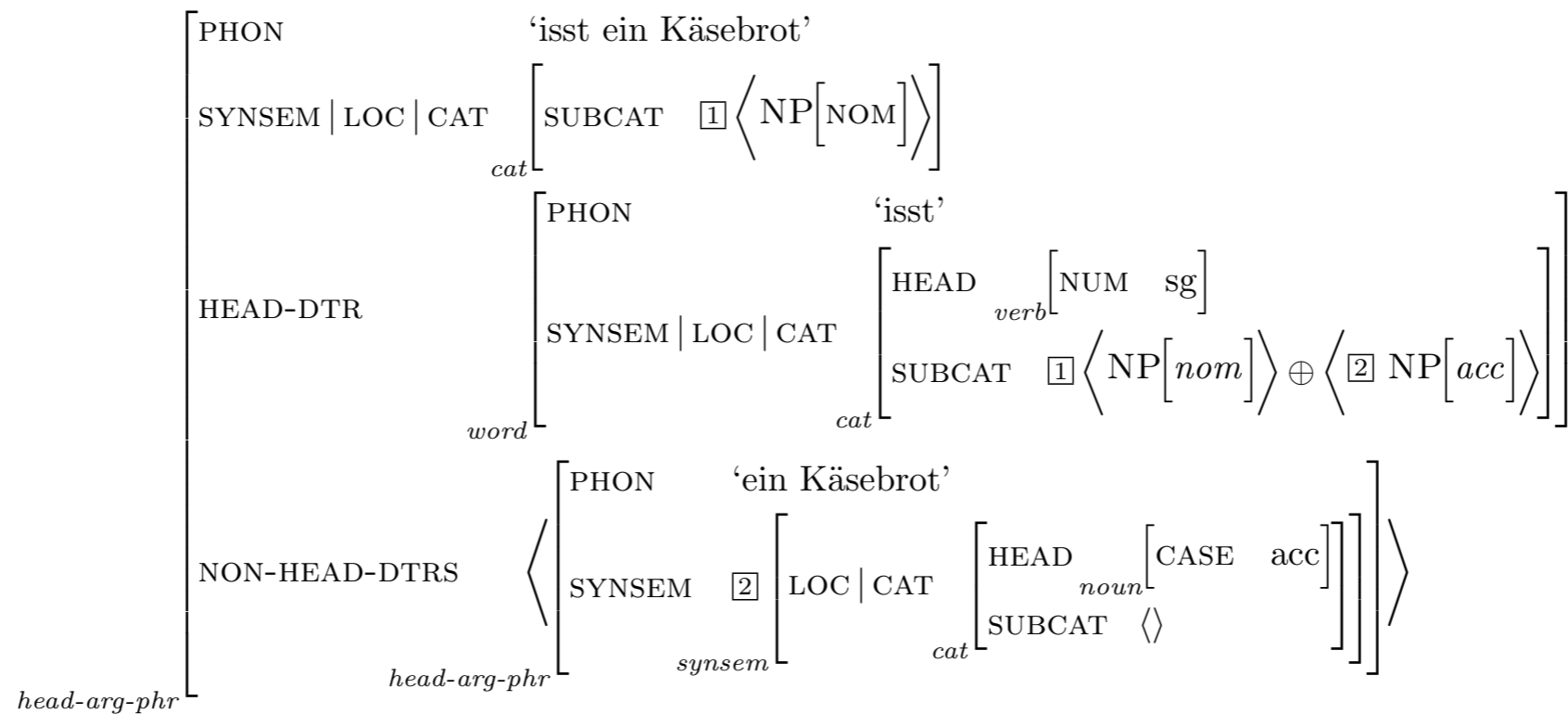
Kopf + Argument

$$\text{head-arg-phr} \rightarrow \left[\begin{array}{l} \text{SYNSEM} \mid \text{LOC} \mid \text{CAT} \mid \text{SUBCAT } \boxed{1} \\ \text{HEAD-DTR} \mid \text{SYNSEM} \mid \text{LOC} \mid \text{CAT} \mid \text{SUBCAT } \boxed{1} \oplus \langle \boxed{2} \rangle \\ \text{NON-HEAD-DTRS} \langle \left[\text{SYNSEM } \boxed{2} \right] \rangle \end{array} \right]$$



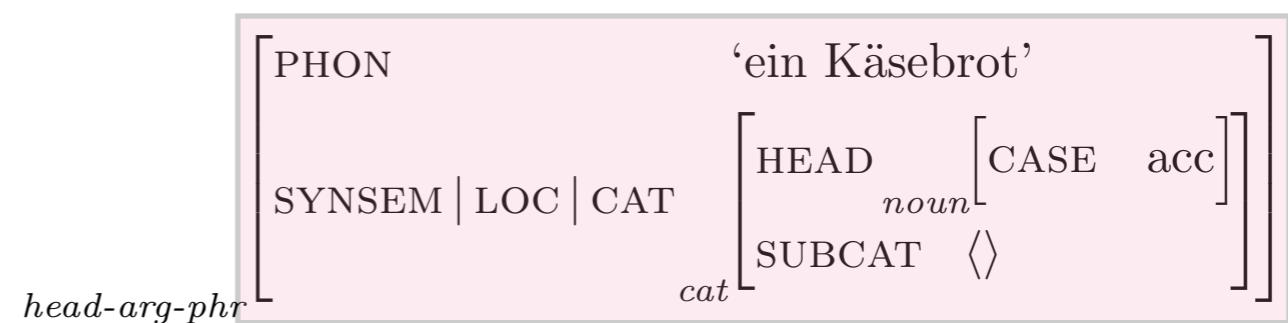
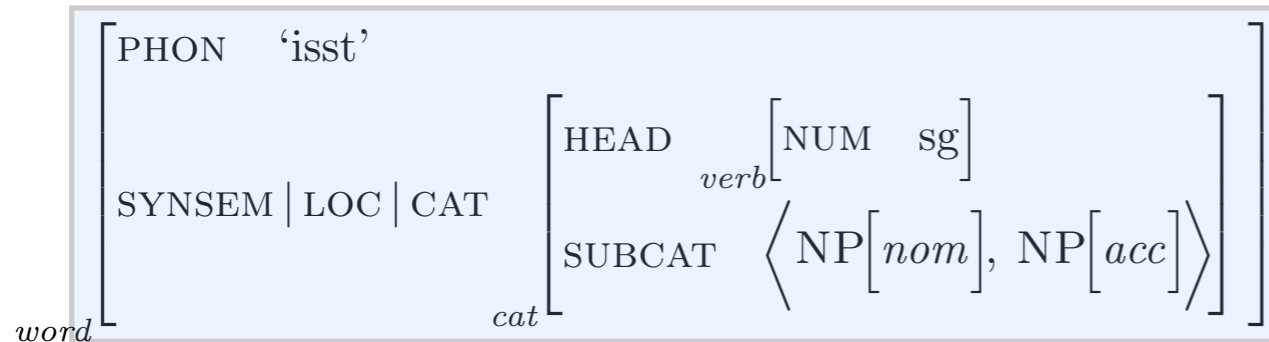
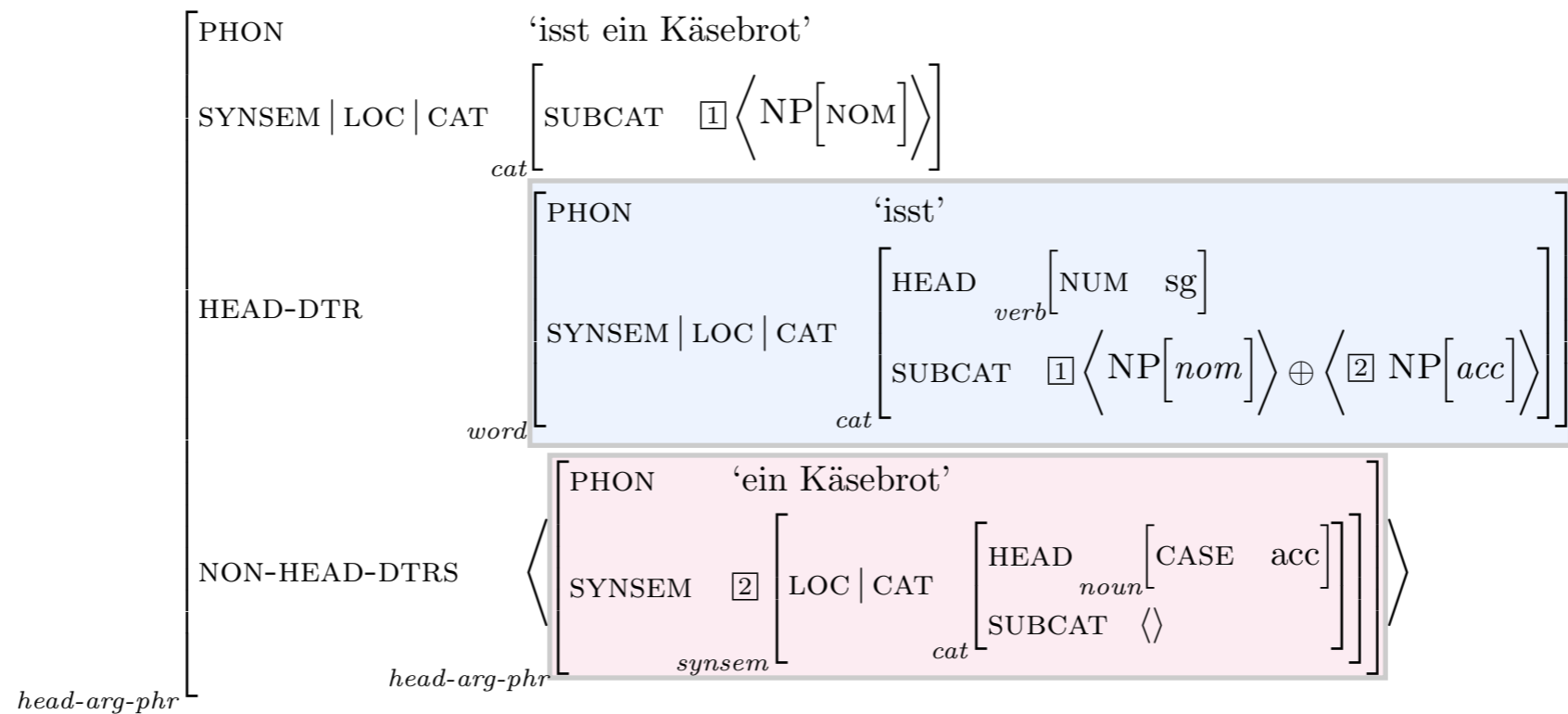
Kopf + Argument

$$\text{head-arg-phr} \rightarrow \left[\begin{array}{l} \text{SYNSEM} \mid \text{LOC} \mid \text{CAT} \mid \text{SUBCAT } \boxed{1} \\ \text{HEAD-DTR} \mid \text{SYNSEM} \mid \text{LOC} \mid \text{CAT} \mid \text{SUBCAT } \boxed{1} \oplus \langle \boxed{2} \rangle \\ \text{NON-HEAD-DTRS} \langle \left[\text{SYNSEM } \boxed{2} \right] \rangle \end{array} \right]$$



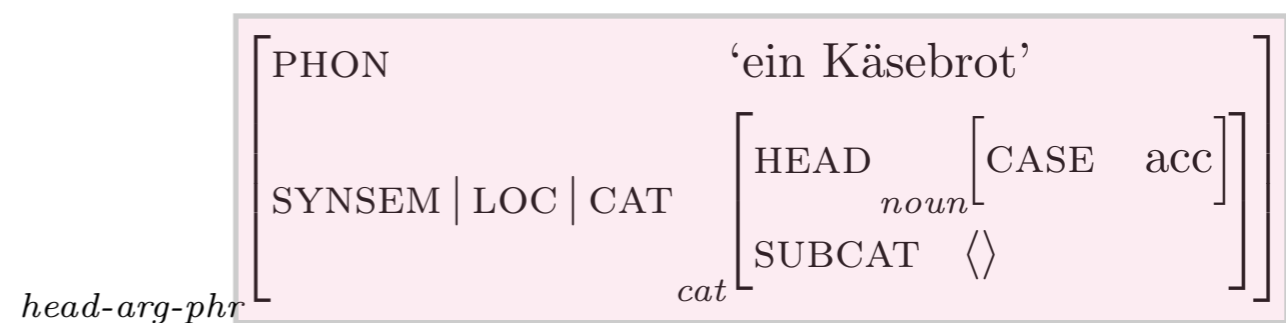
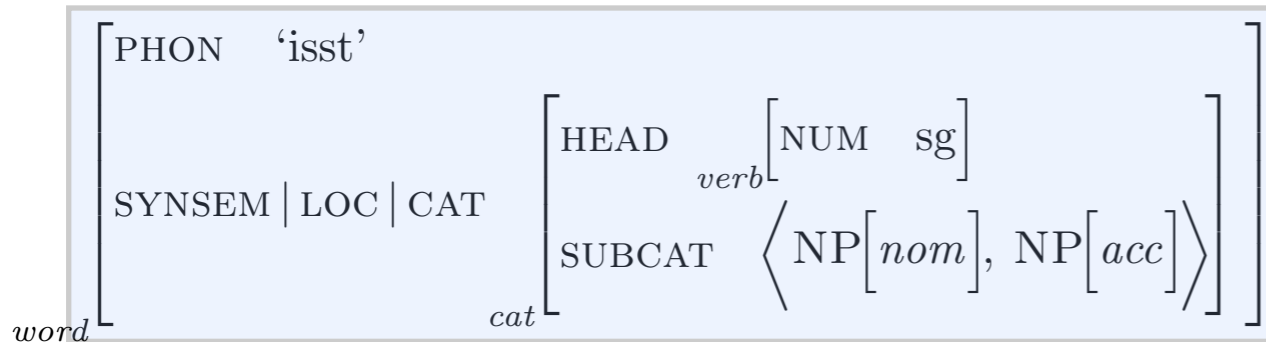
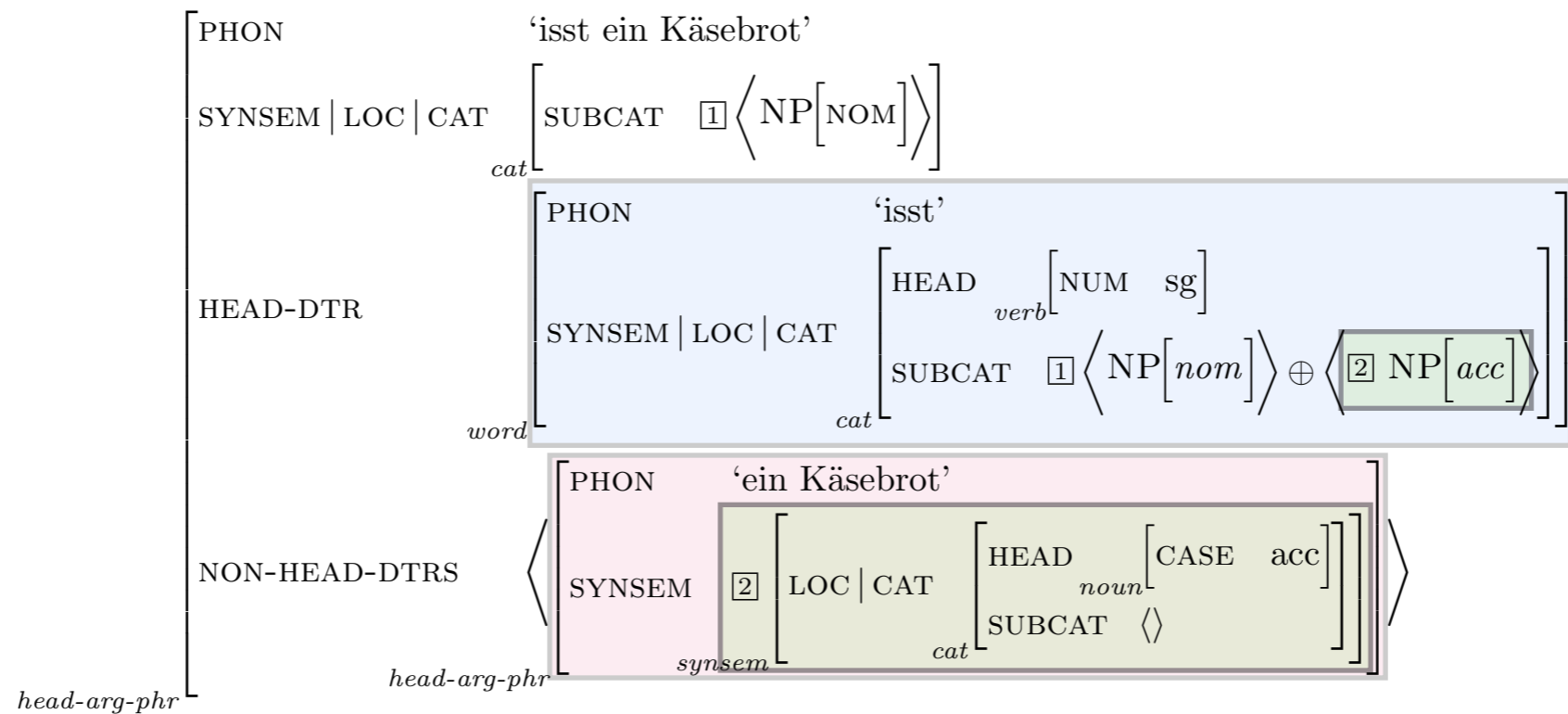
Kopf + Argument

$$\text{head-arg-phr} \rightarrow \left[\begin{array}{l} \text{SYNSEM} \mid \text{LOC} \mid \text{CAT} \mid \text{SUBCAT } \boxed{1} \\ \text{HEAD-DTR} \mid \text{SYNSEM} \mid \text{LOC} \mid \text{CAT} \mid \text{SUBCAT } \boxed{1} \oplus \langle \boxed{2} \rangle \\ \text{NON-HEAD-DTRS} \langle \left[\text{SYNSEM } \boxed{2} \right] \rangle \end{array} \right]$$



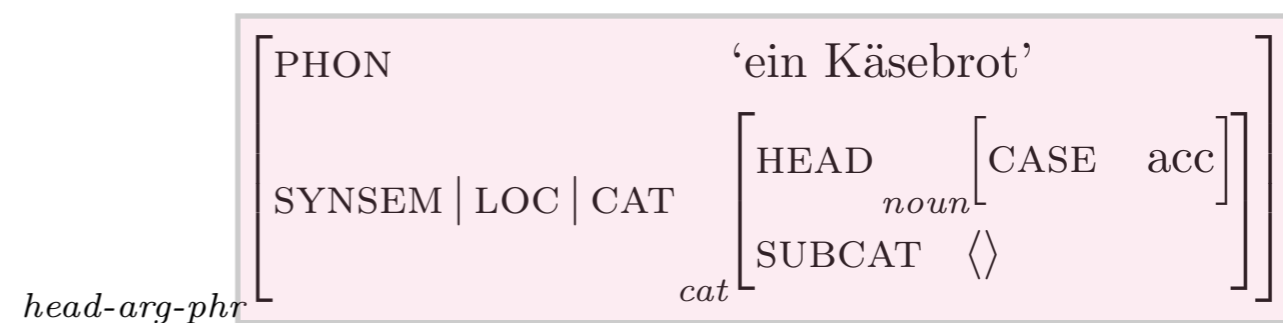
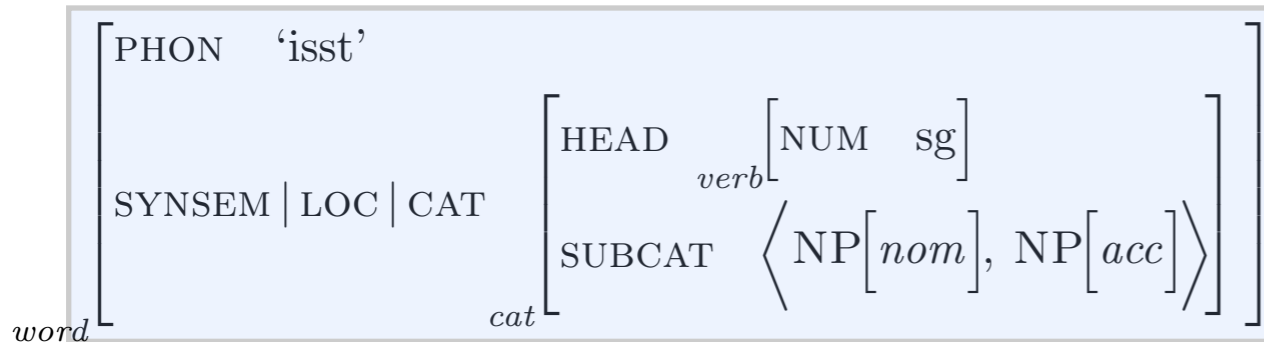
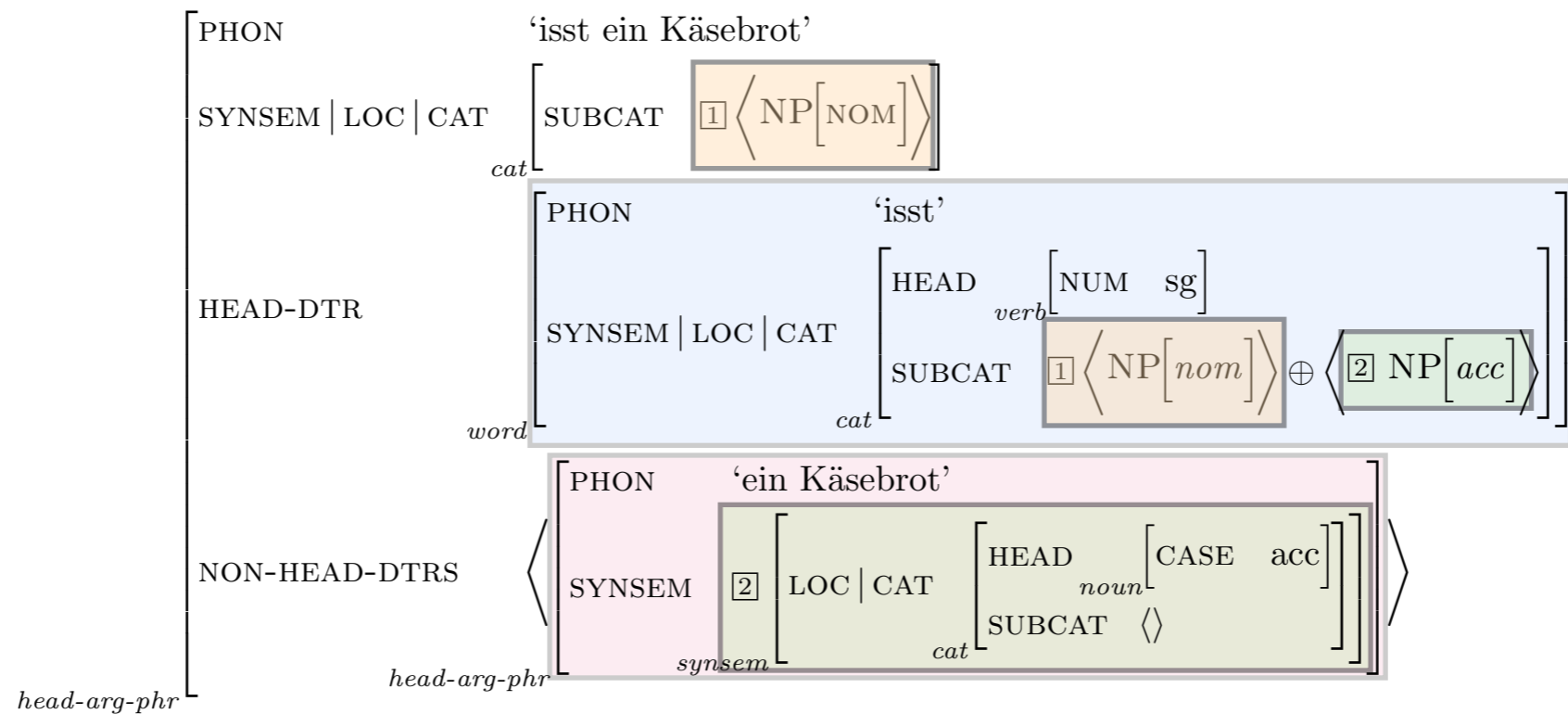
Kopf + Argument

$$\text{head-arg-phr} \rightarrow \left[\begin{array}{l} \text{SYNSEM} \mid \text{LOC} \mid \text{CAT} \mid \text{SUBCAT } \boxed{1} \\ \text{HEAD-DTR} \mid \text{SYNSEM} \mid \text{LOC} \mid \text{CAT} \mid \text{SUBCAT } \boxed{1} \oplus \langle \boxed{2} \rangle \\ \text{NON-HEAD-DTRS} \langle \left[\text{SYNSEM} \quad \boxed{2} \right] \rangle \end{array} \right]$$



Kopf + Argument

$$\text{head-arg-phr} \rightarrow \left[\begin{array}{l} \text{SYNSEM} \mid \text{LOC} \mid \text{CAT} \mid \text{SUBCAT } \boxed{1} \\ \text{HEAD-DTR} \mid \text{SYNSEM} \mid \text{LOC} \mid \text{CAT} \mid \text{SUBCAT } \boxed{1} \oplus \langle \boxed{2} \rangle \\ \text{NON-HEAD-DTRS} \langle \left[\text{SYNSEM} \quad \boxed{2} \right] \rangle \end{array} \right]$$



Beobachtungen

- Kopf-Argument-Schema definiert Phrasenstruktur.
 - ▶ Lexikoneinträge der Köpfe spezifizieren:
Nur vollständige Phrasen dürfen Argumente sein.
- Kopf darf Features des Arguments spezifizieren.
 - ▶ Kongruenz durch Koindizierung erzwungen.
 - ▶ Konsequente Ausnutzung von Unifikation
⇒ Wortart, Numerus usw. völlig gleichartig behandelt.

Kopfmerkmals-Prinzip

- Alle Informationen im HEAD-Feature werden von Kopf an Phrase weitergegeben.
 - ▶ z.B. Wortart, Kasus, Finitheit usw.

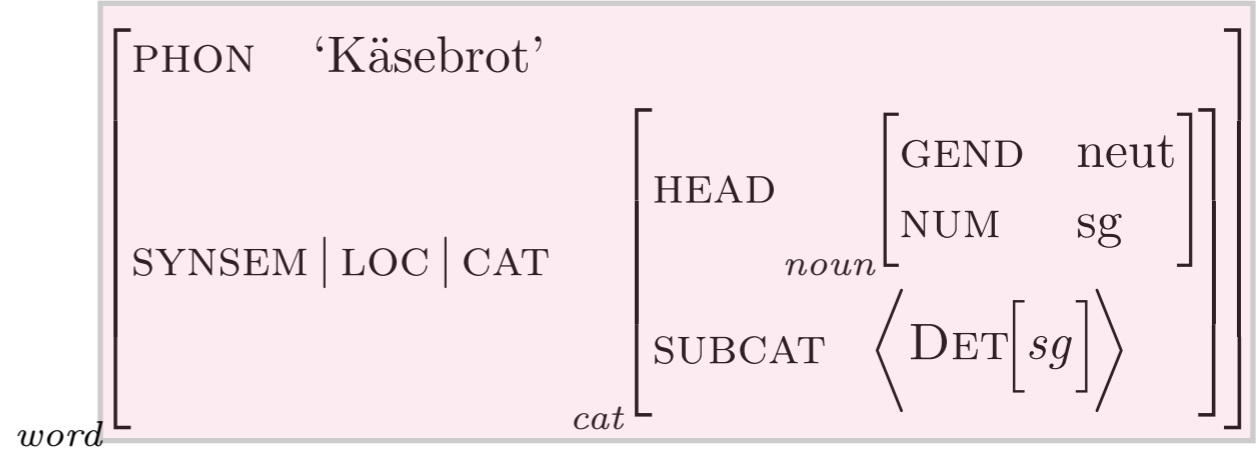
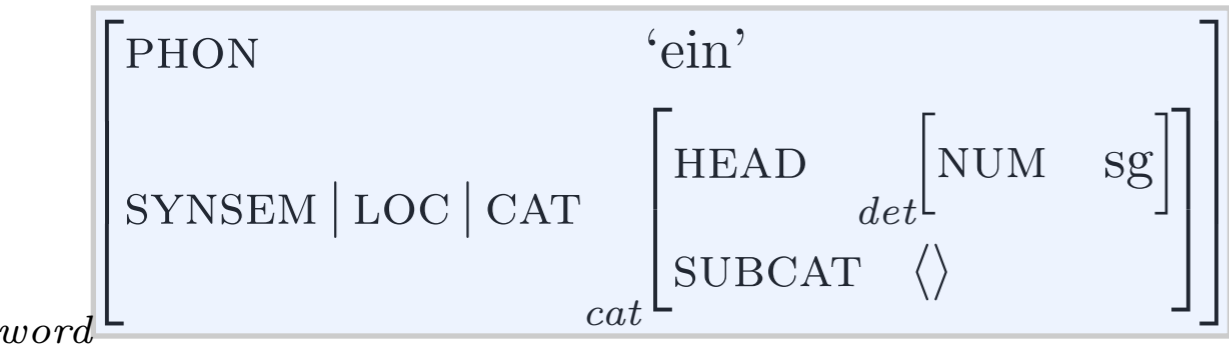
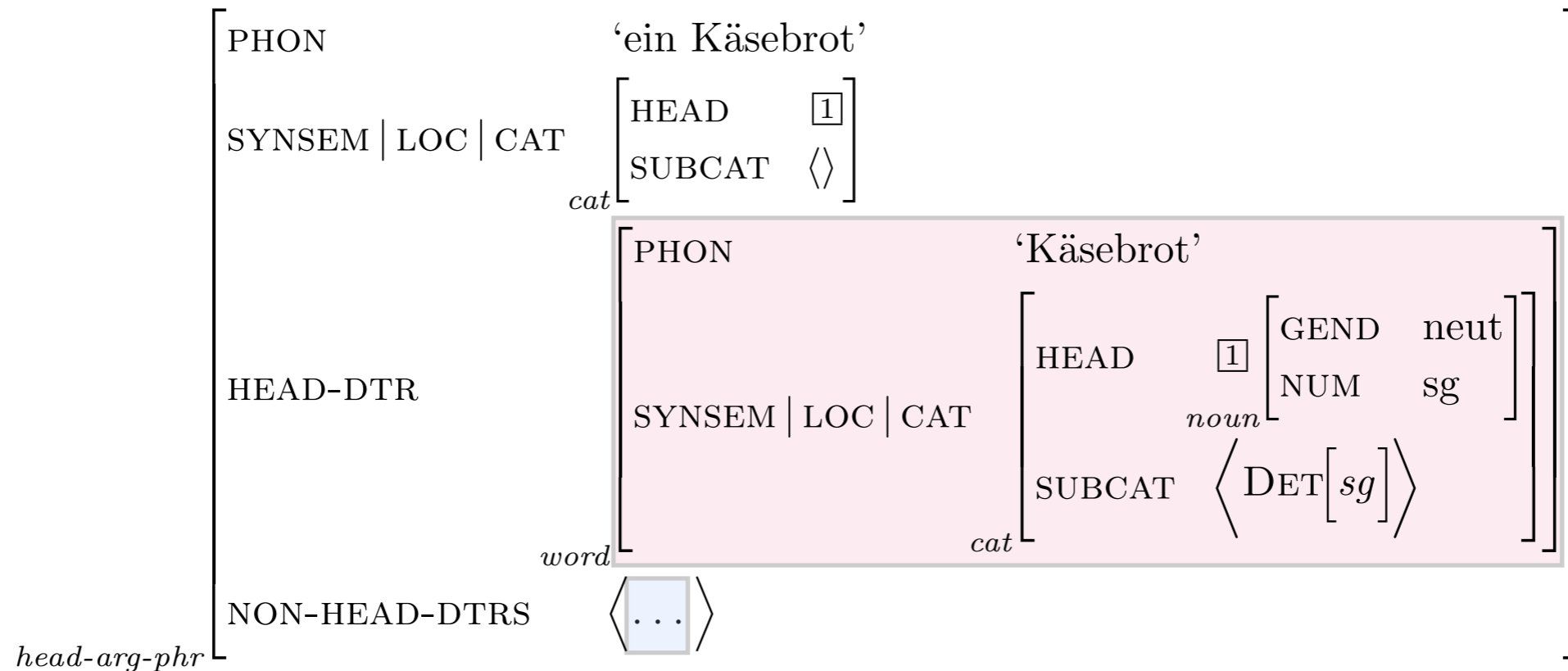
- Weitergabe durch Kopf-Merkmals-Prinzip geregelt:

$$\textit{headed-phrase} \rightarrow \left[\begin{array}{l} \text{SYNSEM} \mid \text{LOC} \mid \text{CAT} \mid \text{HEAD} \boxed{1} \\ \text{HEAD-DTR} \mid \text{SYNSEM} \mid \text{LOC} \mid \text{CAT} \mid \text{HEAD} \boxed{1} \end{array} \right]$$

- Head-Argument-Phrase ist Subtyp von Headed-Phrase; dieser Constraint gilt also auch für sie.

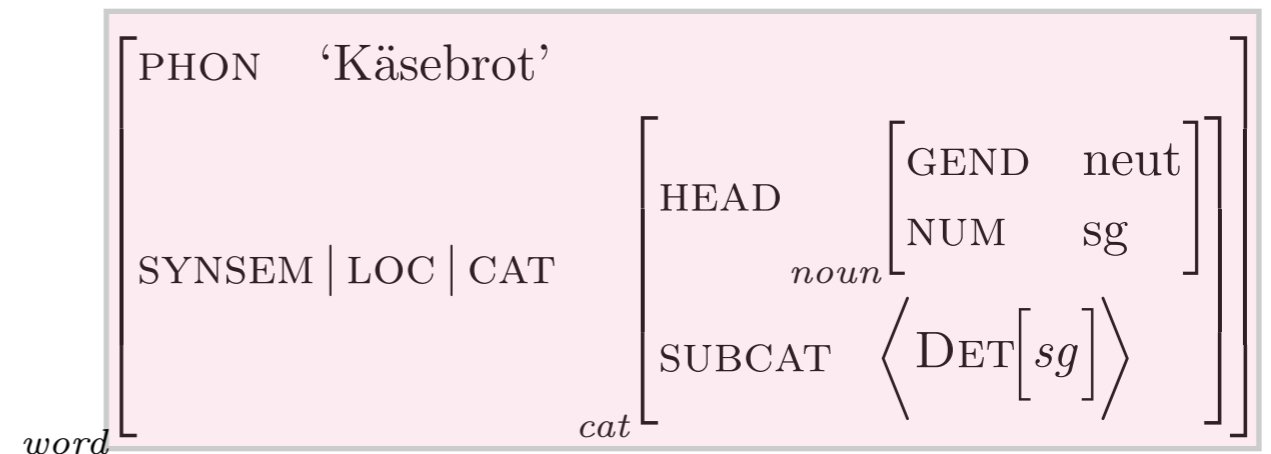
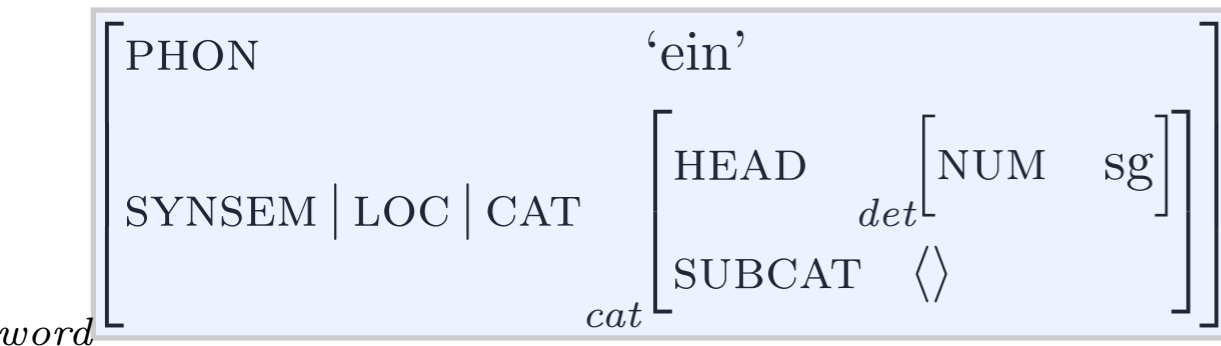
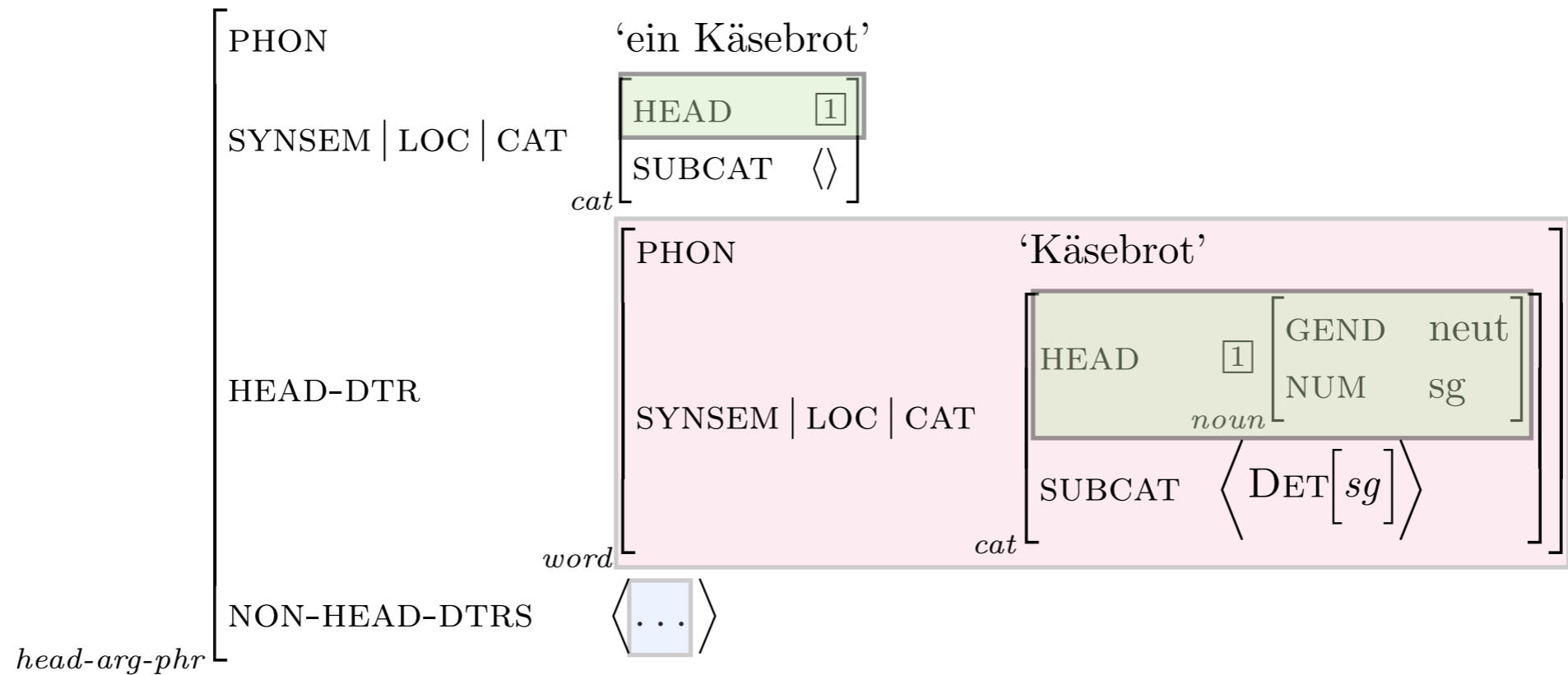
Beispiel (Fortsetzung)

headed-phr → $\left[\begin{array}{l} \text{SYNSEM} \mid \text{LOC} \mid \text{CAT} \mid \text{HEAD} \boxed{1} \\ \text{HEAD-DTR} \mid \text{SYNSEM} \mid \text{LOC} \mid \text{CAT} \mid \text{HEAD} \boxed{1} \end{array} \right]$



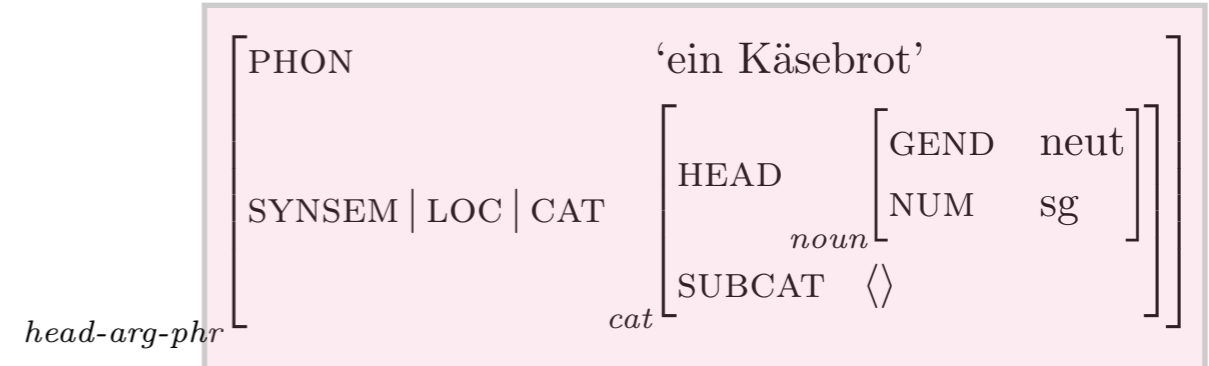
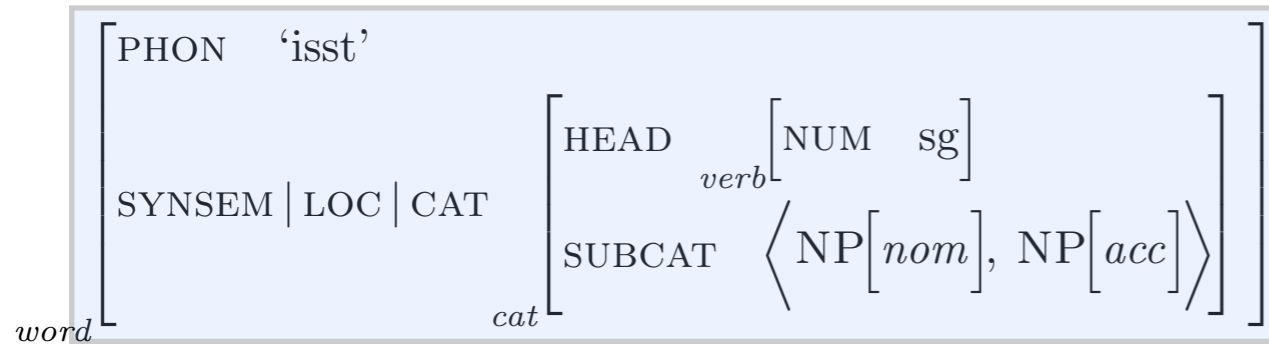
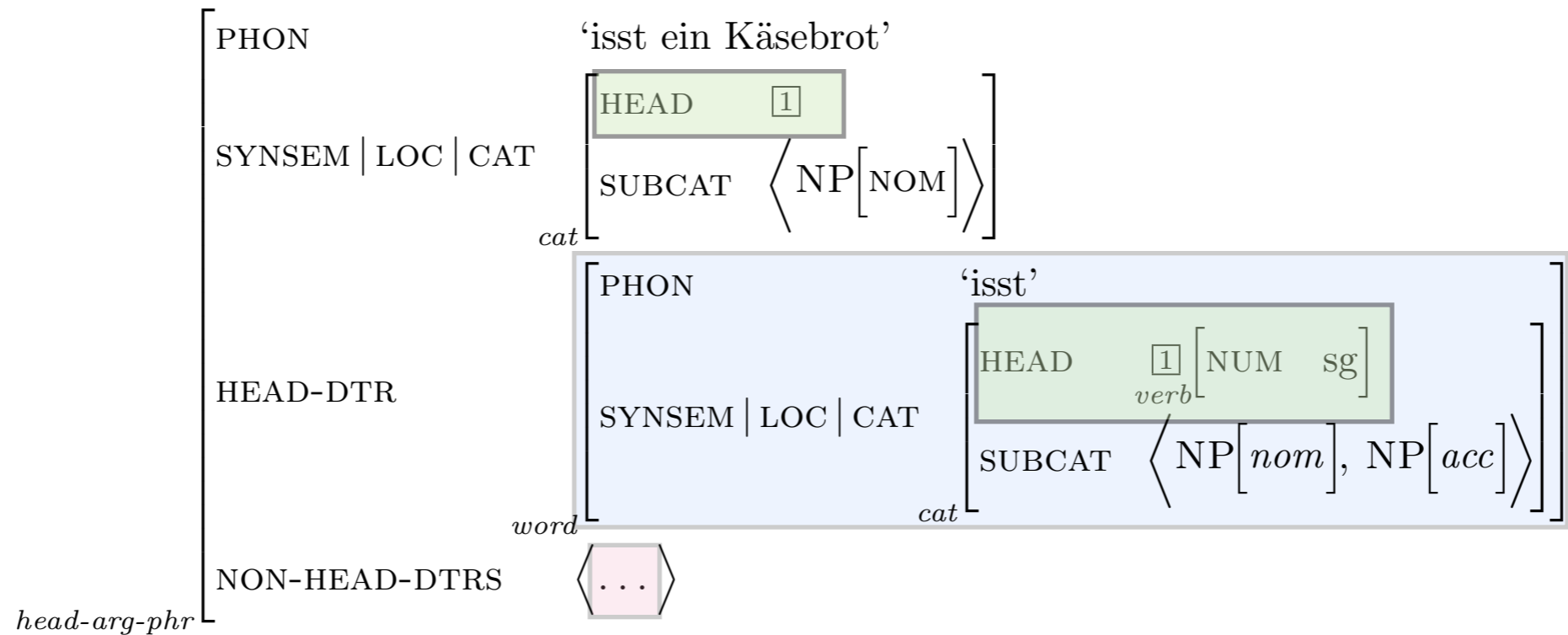
Beispiel (Fortsetzung)

headed-phr → $\left[\begin{array}{l} \text{SYNSEM} \mid \text{LOC} \mid \text{CAT} \mid \text{HEAD} \boxed{1} \\ \text{HEAD-DTR} \mid \text{SYNSEM} \mid \text{LOC} \mid \text{CAT} \mid \text{HEAD} \boxed{1} \end{array} \right]$



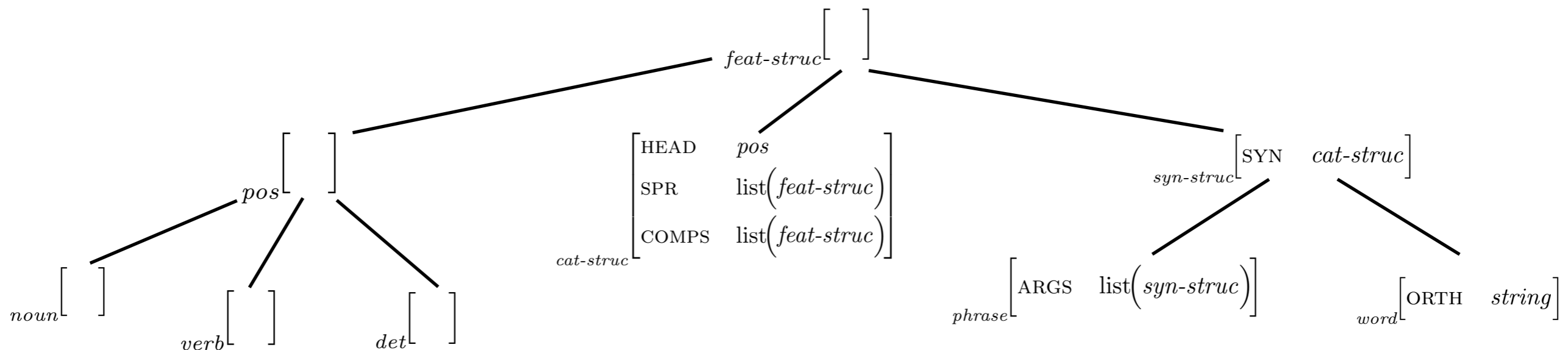
Beispiel (Fortsetzung)

$headed-phr \rightarrow \left[\begin{array}{l} \text{SYNSEM} \mid \text{LOC} \mid \text{CAT} \mid \text{HEAD} \boxed{1} \\ \text{HEAD-DTR} \mid \text{SYNSEM} \mid \text{LOC} \mid \text{CAT} \mid \text{HEAD} \boxed{1} \end{array} \right]$



Zur Übung

- In der Übung entwickeln Sie eine vereinfachte HPSG-Grammatik für Englisch.
- Zwei SUBCAT-artige Listen mit Wortstellung:
 - ▶ SPR (specifier) = kommt vor dem Kopf
 - ▶ COMPS (complements) = kommen (in dieser Reihenfolge) nach dem Kopf



Zusammenfassung

- HPSG: Grammatikformalismus auf Grundlage von getypten Featurestrukturen.
- Definiere Typhierarchie + Typconstraints.
 - ▶ Insbesondere enthalten *Schemata* Koindizierungen, die Kongruenz, Valenz usw. in Phrasen erzwingen.
 - ▶ HEAD-Information automatisch von Kopf an Vater weitergereicht.
- Heute: Schemata für Kopf+Komplement.
Nächstes Mal: Kopf+Adjunkt und mehr.